

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE CIVIL

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y CÁLCULO DE CAPACIDAD DE TRÁNSITO

DE BUSES DESTINADO AL SISTEMA DE BUSES DEL DISTRITO

METROPOLITANO DE QUITO

"TRABAJO DE DISERTACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL"

ROMERO HALLO JOSE RICARDO

DIRECTOR: ING. FREDDY PAREDES

REVISORES: ING. DIEGO EGAS

ING. GUSTAVO YÁNEZ

Quito, 2012

Dedicatoria

*El desarrollo de la presente tesina está dedicado a mis padres, esposa e hijo
quienes me han brindado su respaldo durante mi vida universitaria, personal
y laboral siendo el aliento e inspiración para poder culminar con éxito mi carrera
de Ingeniería Civil*

Agradecimiento

*A mi familia, por su comprensión y estímulo constante, además de
su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.*

*A mi director y asesores: Ing. Freddy Paredes, Ing. Diego Egas, Ing. Gustavo
Yáñez, quienes me brindaron su
valiosa y desinteresada orientación y guía en la elaboración del
presente trabajo*

Reconocimiento

*A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por brindarme la
oportunidad de desarrollar capacidades, competencias y
optar el Título de Ingeniero Civil*

RESUMEN

El estudio propone los métodos y los procedimientos de Evaluación y Cálculo de Capacidad de Tránsito de Buses provee a las agencias encargadas de tránsito y planificadores de transporte, las herramientas científicas y metodológicas sobre capacidad a fin de tener parámetros comparativos y estimativos que permitan evaluar los diferentes factores que están inmersos en la problemática de tránsito de buses, para en segunda instancia, con el conocimiento imperativo de estos factores se podrá generar soluciones mitigadoras, correctoras, reparadoras, a la problemática de la transportación y tráfico promoviendo alternativas útiles y practicables hacia el Sistema de Transportación Pública

Evaluación de calidad de capacidad desde la perspectiva local de transportación es una tesis motivada en conocer, analizar y proponer la metodología que se acople a la realidad de transportación, comparativamente la realidad de normativas internacionales a la realidad de transportación del Distrito Metropolitano de Quito. Tiene como objetivos principal proponer una Metodología de evaluación y cálculo de Capacidad de Tránsito de Buses, adecuados con las características inherentes actuales de los Sistemas de Transportes en el campo de Buses de la ciudad de Quito. El tipo de investigación es aplicada de carácter Analítico - Descriptivo – Explicativo.

La principal conclusión es que el grupo al que pertenece el Sistema de Buses del Distrito Metropolitano de Quito dentro de los modelos de Capacidad de Tránsito es

el de Modelo de Tránsito en Calles Arteriales y en Tráfico Combinado, con la presencia de paradas tipo en la calle (on-street) contando con los tres tipos de localidades, adicionalmente el diseño mandatorio en paradas de buses es el tipo lineal. El uso y aplicación de los factores presentados para la determinación de cálculo de la capacidad pueden ser utilizados dado que las condiciones vigentes de la situación de Tráfico del Distrito Metropolitano de Quito

Se recomienda al planificador, o a la agencia de tránsito encargada la aplicación y uso de la presente metodología con los respectivos factores de afectación a la capacidad y velocidad, dependientes unos de otros, que coadyuvarán como herramienta de mitigación y/o corrección de falencias en la planificación del tráfico; y que son necesarias para la implementación de un modelo de manejo de transportación técnicamente fundamentado en la capacidad, con el objetivo de gestionar la regulación de frecuencias y rutas de transporte, así como la normalización en sí de las paradas de buse

Palabras claves: Capacidad de Tránsito de Buses, Transportación, Capacidad de Personas

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la presente está destinado para el uso de una amplia gama de profesionales, incluidos los planificadores de tránsito, los planificadores de transporte, ingenieros de tráfico, personal de operaciones de tránsito, ingenieros de diseño, gestión de personal, profesores, estudiantes universitarios, y agencias de tránsito. Para utilizarlo de manera eficaz y aplicar sus metodologías, un fondo técnico y bibliográfico sustenta la información plasmada.

En el capítulo I: Planteamiento del problema, se describe la realidad problema, objetivos generales y específicos, alcance y justificación de la realización de la presente

En el capítulo II: Fundamentos Teóricos de la Investigación, se describen las variables que sirven de sustento teórico a la investigación.

En el capítulo III: Capacidad de Tránsito de Buses, se describe el tipo y diseño de los elementos y variables que son dependientes para el cálculo de la capacidad, dando de forma sintetizada los parámetros necesarios para el cálculo

En el capítulo IV: Metodología de Capacidad de tráfico de buses, se expone con soporte de tablas, gráficos y ecuaciones, las directrices, factores y correcciones para la aplicación de la metodología.

En el capítulo V: Finalmente se realiza las conclusiones y recomendaciones lo cual constituye el aporte de este trabajo de investigación.

Contenido

CAPITULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	1
1.3 ALCANCE	2
1.4 OBJETIVOS	2
1.4.1 General	2
1.4.2 Específicos	3
CAPITULO II	5
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1 Introducción	5
2.2 Conceptos básicos de capacidad	7
2.2.1 Definición de Capacidad	8
2.2.2 Capacidad de Personas	8
2.2.3 Capacidad Vehicular	9
2.2.4 Tiempo de Permanencia	10
CAPITULO III	12
CAPACIDAD DE TRÁNSITO DE BUSES	12
3.1 Generalidades	12
3.2 Parámetros de Cálculo	14
3.2.1 Zonas de Embarque y Desembarque	18
3.2.2 Zonas de Paradas de Bus	19
3.2.3 Zonas de Libre Circulación	20
CAPITULO IV	22
METODOLOGIA DE CAPACIDAD DE TRÁFICO DE BUSES	22
4.1 Generalidades	22
4.2 Proceso de Cálculo de Capacidad	23
4.3 Capacidad de Bus en Embarque y Desembarque	24

4.3.1	<i>Tiempo de permanencia.</i>	24
4.3.2	<i>Tiempo de despeje.</i>	42
4.3.3	<i>El tiempo de permanencia variable.</i>	45
4.3.4	<i>Tasa de Falla.</i>	45
4.4	Capacidad de Bus en Paradas	56
4.5	Capacidad de Bus en zonas de Libre Circulación	70
4.6	Planificación Aplicada	71
4.6.1	Generalidades	71
4.6.2	Operaciones y Capacidad de Buses en Calles Arteriales	81
4.6.3	Operaciones y Capacidad de bus en Tráfico Combinado	96
4.7	Respuesta de la Demanda de Transporte	105
CAPITULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		115
CAPITULO VI.- BIBLIOGRAFIA Y ANEXOS		119

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 INTRODUCCIÓN

El estudio busca correlacionar los métodos y los procedimientos de Evaluación y Cálculo de Capacidad de Tránsito de Buses expuestos en “Manual de Capacidad de Tránsito y Calidad de Servicio”, más aplicables al Sistema de Buses en operación dentro del Distrito Metropolitano de Quito. A si también, la mayor parte de la base de investigación, los valores predeterminados, los métodos generales presentados, y las aplicaciones típicas de América del Norte, en particular Estados Unidos; serán calibrados para que los procedimientos se ajusten a las condiciones locales, reconociendo las diferencias principales en la composición del tráfico, de los usuarios y de las geometrías viales.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Dentro del Distrito Metropolitano de Quito se ha venido desarrollando conjuntamente con el Estado, los llamados Planes Maestros de Movilidad, enfocándose en primera instancia en desarrollar los SISTEMAS INTEGRADOS DE TRANSPORTE MASIVO, propuesta que ha tenido una gran acogida y aceptación especialmente en las ciudades de Quito y Guayaquil, donde se ha

implementado estos sistemas, propuesta que surgió especialmente de la comparación con el transporte convencional.

Al enfocar toda la atención en los Sistemas Integrados de Transporte Masivo, se descuidó en la correcta planificación de Rutas de buses que circulan dentro del Distrito Metropolitano de Quito, en sus frecuencias, velocidades de desplazamiento, paradas, horarios de funcionamiento y demás factores que modifican y alteran a la movilidad global de la ciudad de Quito

Es por esta razón que es imperioso proveer un set lógico de métodos para servicios de tránsito, en este caso de estudio el área correspondiente de Buses, todo esto a fin de poseerlas herramientas, procedimientos suficientes para la evaluación y cuantificación técnica, del real estado de la Capacidad de Tránsito de Buses dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

1.3 ALCANCE

Se logrará establecer los procedimientos técnicos ajustados a las condiciones locales y reales para la correcta evaluación y cálculo de la Capacidad de Tránsito de Buses en sus principales locaciones, en base de la presente investigación y adaptación de parámetros de evaluación y cálculo de Capacidad de Tránsito de Buses del “Manual de Capacidad de Tránsito y Calidad de Servicio”.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General

Proponer una Metodología de evaluación y cálculo de Capacidad de Tránsito de Buses, adecuados con las características inherentes actuales de los Sistemas de Transportes en el campo de Buses de la ciudad de Quito

1.4.2 Específicos

- Identificar la categoría y grupo al que pertenece el Sistema de Buses del Distrito Metropolitano de Quito dentro de los modelos de Capacidad de Tránsito de Buses dado por “Manual de Capacidad de Tránsito y Calidad de Servicio”
- Realizar una valoración de los estándares, parámetros, valores predeterminados, aplicables del “Manual de Capacidad de Tránsito y Calidad de Servicio”, a nuestro medio
- Determinar los valores predeterminados, cálculo de ecuaciones y gráficas de respaldo, que permitan rápidamente diagnosticar temas relacionas con Capacidad de Tránsito de Buses acorde a la realidad del transporte actual
- Sistematizar la Metodología de Evaluación y Cálculo de Capacidad de Tránsito de Buses en la ciudad de Quito para sus 3 principales locaciones:
 - En el área de embarque y desembarque de pasajeros
 - En la parada de buses
 - Durante el recorrido de una línea de bus

- Determinar los factores de corrección de la Capacidad de Tránsito de Buses del Sistema de Buses del Distrito Metropolitano de Quito, operando bajo la modalidad de tráfico combinado

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Introducción

La ciudad de Quito reconocida dentro de la Constitución de la República del Ecuador en su Art. 4 como capital del Ecuador¹, tiene al Municipio del Distrito Metropolitano de Quito como ente autónomo regulador de las áreas, administrativa, legal, financiera, logística y demás para el correcto funcionamiento y desarrollo de la capital del Ecuador, dentro de la carta magna además establece “El Estado constituirá empresas públicas para la gestión de sectores estratégicos, la prestación de servicios públicos”², en base del marco legal antes mencionado, el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito genera su directrices bajo la Ley de Régimen para el Distrito Metropolitano de Quito declarada con jerarquía y calidad de orgánica por el Congreso Nacional mediante resolución R-22-058 (R.O. 280, 8-III-2001), teniendo dentro de sus acápites principales las siguientes finalidades que se enmarcan en relación con la presente investigación: “El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito cumplirá con las finalidades siguientes:...2) Planificará, regulará y coordinará todo lo relacionado con el transporte público y privado dentro de su jurisdicción, para lo cual expedirá, con competencia exclusiva, las normas que sean necesarias. Sus decisiones se enmarcarán en las políticas nacionales que determine, de acuerdo con sus atribuciones, el Consejo Nacional de

¹CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, Art. 4, 2008

²CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, Art. 315, 2008

Tránsito.”³, es por tal motivo que su organización institucional comprende a la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMMOP) siendo una de sus finalidades la de: “b)Proponer políticas generales, planificar, gestionar, coordinar, administrar, regular, ejecutar y fiscalizar todo lo relacionado con el sistema de movilidad y la ejecución de obras públicas del Distrito Metropolitano de Quito.”⁴

Es claro que la ciudad de Quito está amparada bajo una vasta legislación que protege y permitiría afrontar los conflictos de movilidad inherentes en el Distrito Metropolitano de Quito, siendo necesario para enfrentar la problemática del tránsito y transporte en Quito acciones a corto mediano y largo plazo, de manera especial, para reducir el uso de vehículos privados, por lo menos a un 70 por ciento del volumen actual, dada la tasa de incremento del parque automotor privado, aplicando diferentes ordenanzas y/o medidas técnicas.

Sin embargo la ciudad de Quito es una ciudad relativamente joven en lo referente a problemática de tránsito y transporte, por tal motivo es preciso aportar al medio profesional, encargado de los servicios de transporte y tránsito una metodología coherente, con técnicas y estadísticas vinculadas a la realidad del transporte en el Distrito Metropolitano de Quito, para evaluar la capacidad de los servicios de transporte, instalaciones y sistemas, a fin de estar en la facultad de conformar planes maestros de movilidad que permitan solventar dichos problemas de tránsito

³ LEY DE RÉGIMEN PARA EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, Título I, Art. 2, 1993

⁴http://www.epmmop.gob.ec/epmmop/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=3

y transporte. Específicamente en lo relacionado a los procedimientos para la evaluación de la capacidad de buses en: área de embarque y desembarque de pasajeros (puesto de atraque), paradas, y las zonas libres de circulación (incluido, vía de buses, autopistas, carril de alta ocupación de vehículos, carriles de bus en calles arteriales, y el carril de bus en tráfico mixto).

2.2 Conceptos básicos de capacidad

Dentro de este aspecto cabe señalar de manera predominante que los conceptos de capacidad de transporte es diferente que la capacidad de vía o carretera: la capacidad de vía trata del movimiento de personas y vehículos; depende del tamaño de los vehículos de tránsito y la frecuencia con la que operan, y refleja la interacción entre concentraciones de tráfico de pasajeros y el flujo de vehículos. Mientras que la capacidad de tránsito depende de la política de funcionamiento de la entidad reguladora de transporte, que normalmente dicta y especifica la frecuencia del servicio, el número de pasajeros permitidos, y el tipo de vehículo utilizado para transportar pasajeros. En consecuencia, los conceptos tradicionales aplicados a la capacidad de vía o carretera deben ser adaptados, ampliados o diferenciados.

El servicio público de transporte se centra en el traslado de personas de un lugar a otro. En contraste con el modo de automóviles, donde se utilizan una gran cantidad de vehículos para el transporte de un número algo mayor de personas, servicio de

transporte funciona mediante el uso de un número relativamente pequeño de los vehículos para el transporte de grandes cantidades de personas.

2.2.1 Definición de Capacidad

- Es el número máximo de pasajeros que pueden transportar sobre una determinada sección de una línea de tránsito en una dirección durante un determinado período de tiempo, factorizado para reflejar la demanda de pasajeros desigual, durante la hora pico, y la ocupación irregular de vehículos. La capacidad de transporte centra más en el número de personas que pueden ser servidos en un período de tiempo determinado (capacidad de personas), más que el número de vehículos de transporte (capacidad vehicular).⁵
- Capacidad de Transporte es el número de personas o el tonelaje (o volumen) de los equipos que pueden ser transportados por un vehículo en determinadas condiciones.⁶
- Capacidad de vía es el máximo volumen horario de tránsito que puede de manera razonable circular por un punto o una sección de una carretera bajo las condiciones prevalecientes de la carretera y el mismo tránsito vehicular⁷

2.2.2 Capacidad de Personas

- Se define como el número de personas que pueden ser transportadas por una ruta de tránsito en particular o en la zona de libre circulación que dependerá de una serie de factores, algunos bajo el control del operador de tránsito y otros no. En

⁵TCRP Report 100: Transit Capacity and Quality of Service Manual, Transportation Research Board, Washington, DC (2003), 2^{da} Ed.

⁶ Dictionary of Scientific and Technical Terms, McGraw-Hill Dictionary, 6th Ed, 2002

⁷<http://www.slideshare.net/sjnavarro/trnsito-1851608>, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, Estelí - Nicaragua

el nivel más básico, la capacidad de personas, expresado en personas por hora, está determinada por el producto de la capacidad de los vehículos de transporte (vehículos / hora) y la capacidad de pasajeros de estos vehículos (personas / vehículo).

Capacidad de personas está en función del tamaño del vehículo, el tipo de ocupación, grado de interacción con otros vehículos, los avances y las características de los pasajeros de llegada. La capacidad de la persona en una ruta de tránsito o la zona de libre circulación se puede definir de la siguiente manera:

"El número máximo de personas que pueden ser llevadas pasando por un determinado lugar durante un período de tiempo determinado en condiciones especificadas, sin demora injustificada, peligro o restricción; y con una certeza razonable"⁸

2.2.3 Capacidad Vehicular

- La capacidad de vehicular de una ruta de tránsito determinado se puede definir de la siguiente manera:

"El número máximo de vehículos de transporte público (autobuses, trenes, barcos, etc.) que pueden pasar por un lugar determinado durante un período de tiempo determinado."

Capacidad vehicular se conoce con diferentes nombres, por ejemplo, la capacidad del autobús, la capacidad de la línea, etc., pero todos estos nombres se

⁸TCRP Report 100: Transit Capacity and Quality of Service Manual, Transportation Research Board, pg. 1-16, Washington, DC (2003), 2da Ed.

refieren a: ese número de vehículos de transporte que pueden servir durante un período determinado de tiempo, por lo general 1 hora. En última instancia, la capacidad del vehículo depende del intervalo mínimo posible (espacio de tiempo) entre los vehículos de transporte individual. Este intervalo mínimo depende de los sistemas de control⁹

- Capacidad Del vehículo - 1. El número máximo de pasajeros que el vehículo está diseñado para acomodar cómodamente sentados y de pie, a veces, pueden referirse al número de asientos solamente. También conocido como la capacidad normal del vehículo o de la capacidad total del vehículo. 2. El número máximo de vehículos que se pueden acomodar en un momento dado en una ruta de tránsito.¹⁰ 3. La capacidad de una nave o un vehículo determinado es en buena medida un problema de carga de ruedas, empuje o flotabilidad, potencia y utilización del espacio. Por lo general se busca la relación más alta posible entre carga útil y carga muerta; pero cuando se transporta personas los factores de comodidad pueden limitar la capacidad diseñada. La anchura, la longitud y la carga de los vehículos y naves está restringido por la ley, la anchura del pavimento, la resistencia de la vía y la economía de operación.¹¹

2.2.4 Tiempo de Permanencia

⁹TCRP Report 100: Transit Capacity and Quality of Service Manual, Transportation Research Board, pg. 1-17, Washington, DC (2003), 2da Ed.

¹⁰TCRP Report 100: Transit Capacity and Quality of Service Manual, Glossary pg. 8-8, Washington, DC (2003), 2da Ed.

¹¹W. HAY, William, "Ingeniería de Transporte", pág. 312, Editorial Limusa, México, 1983

- a) El período durante el cual un proceso dinámico sigue siendo detenida a fin de que otro proceso puede ocurrir.¹²
- b) El término permanencia es aquel que se usa para designar a la retención de determinados elementos a través del tiempo. La permanencia puede ser una cualidad que se le aplica a una persona, a un fenómeno, a un objeto.¹³
- c) Estancia en un lugar durante un tiempo. Mantenimiento o duración de un estado, condición o situación.¹⁴

¹²http://www.its.bldrdoc.gov/fs-1037/dir-013/_1850.htm

¹³<http://www.definicionabc.com/general/permanencia.php>

¹⁴<http://es.thefreedictionary.com/permanencia>

CAPITULO III

CAPACIDAD DE TRÁNSITO DE BUSES

3.1 Generalidades

INTRODUCCIÓN

La planificación de la transportación se compone de diversos problemas y procedimientos que habrán de variar con el nivel en que se lleve a cabo y el tipo de necesidad que se ha de satisfacer. Se puede tratar de la ubicación detallada de una ruta específica, de la selección de los servicios que vaya a contratar el departamento de tráfico o la planificación de todo un sistema privado de transportación. Se puede tratar igualmente el establecimiento de un patrón para carreteras interestatales, las vías acuáticas o las aerovías, de la integración de las diversas modalidades de transporte en un área urbana o, en raras ocasiones de las necesidades generales de la nación comprendiendo todas las modalidades de transporte¹⁵

Los organismos de tránsito pueden considerarse afortunados cuando tienen problemas de capacidad esto indica una fuerte demanda por sus servicios.

Sin embargo, para la mayoría de los sistemas de transporte pequeños y de tamaño medio, las limitaciones de capacidad no son por lo general un problema, la suficiente demanda existe para dar servicio sólo una o dos veces por hora en la mayoría de las rutas y con mayor frecuencia en las rutas más transitadas. Sin embargo, incluso los sistemas

¹⁵W. HAY, William, "Ingeniería de Transporte", pág. 547, Editorial Limusa, México, 1983

más pequeños pueden experimentar problemas de capacidad en las zonas céntricas, donde una serie de rutas pueden converger.

Hay una serie de razones para realizar una correcta evaluación de la capacidad de tránsito

Mejorar la velocidad y la fiabilidad. Los mismos factores que influyen en la capacidad de tránsito también influyen en la velocidad y la fiabilidad. Servicio más rápido y confiable es una cualidad importante inmersa dentro del problema del servicio para los pasajeros. Desde la perspectiva de la entidad reguladora de tránsito, la mejora de la velocidad reduce el tiempo necesario para que un vehículo para viajar por una ruta, mientras que las mejoras en fiabilidad pueda permitir la reducción del tiempo de recuperación establecido en el cronograma al final de cada carrera.

En el mejor de los casos de una agencia de tránsito, la reducción combinada en el funcionamiento y el tiempo de recuperación, sería igual a una optimización de recursos, lo que permite que un vehículo pueda ser asignado a otro servicio. Más generalmente, el tiempo ahorrado pospone la necesidad de añadir más servicios a fin de mantener una planificación específica debido a la congestión.

Gestión de embarque y desembarque de pasajeros. La capacidad desempeña un papel en la determinación de la cantidad de autos, buses o trenes que son necesarios para proporcionar una calidad de servicio deseado en términos de carga de pasajeros.

Previsión de los efectos de los cambios en los procedimientos de recolección de tarifas, tipos de vehículos, u otras decisiones de los organismos de transporte.

El Tiempo de espera, el tiempo para un vehículo que se detuvo para embarcar y desembarcar pasajeros, es a menudo el factor determinante de la velocidad y capacidad. Cambios que afectan los tiempos de servicio de pasajeros pueden generar impactos no previstos en los tiempos de funcionamiento, carga de pasajeros, o agrupamiento de vehículos, lo que puede implicar costos adicionales para corregir. Los cambios en los tipos de vehículos (por ejemplo, el cambio de la norma a los autobuses articulados, o de alto de piso a autobuses de piso bajo) también pueden tener el tiempo de permanencia y los efectos en la capacidad de personas.

Planificación para el futuro. Estudios de planificación pueden sugerir más de un modo posible o tipo de servicio para satisfacer una demanda de viajes en particular. El conocimiento de la velocidad y la capacidad ofrecida por cada opción es esencial para tomar una decisión informada. Los nuevos sistemas de tren ligero a veces se desarrollan en función de las limitaciones de capacidad para ayudar a reducir los costos iniciales. Saber cuánto genera una restricción que existe es importante para comparar los ahorros a corto plazo con los costos a largo plazo.

3.2 Parámetros de Cálculo

Los principales factores que influyen en la determinación de la capacidad de tránsito se dan en la Cuadro 1. Algunos de los factores enumerados a continuación afectan al número de pasajeros por vehículo, mientras que otras afectan al número de vehículos

que pueden pasar por un lugar determinado dentro de un período de tiempo especificado.^{16 17},

CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO	
-El número permitido de unidades por vehículo	-Número y altura de los escalones
-Dimensiones del Vehículo	-Velocidad máxima
-Configuración de asientos y la capacidad	-Aceleración y desaceleración
-Número de puestos de sujeción de sillas de ruedas	-Tipo de mecanismo de apertura de puertas
	-El número, ubicación y ancho de las puertas
CARACTERÍSTICAS DE DERECHO DE VÍA	
-Sección transversal de diseño (número de carriles, pistas)	-Diseño y control de intersecciones
-Grado de separación de tráfico	-La alineación horizontal y vertical
CARACTERÍSTICAS DE PARADA	
-La cantidad de tiempo de detención	-Método de recolección de tarifas
-Espacio de parada	-Tipo de tarifa
-Altura de la plataforma frente a la altura del piso del vehículo	-Áreas de embarque / desembarque
	-Accesos de pasajeros a las paradas

¹⁶ Soberman, R.M. and H.A. Hazard (editors), Canadian Transit Handbook, University of Toronto and York University, Joint Program in Transportation, Toronto, Ontario (1980).

¹⁷ TCRP Web Document 6: Transit Capacity and Quality of Service Manual, First Edition, TRB, Washington, DC (1999).

-Número y duración de las posiciones de embarque	
CARACTERISTICAS OPERATIVAS	
-Operaciones de las terminales interparroquiales vs urbanas -Escalas y prácticas de programación de ajuste	-Las pérdidas de tiempo para obtener adelantos en el reloj, proporcionar alivio del conductor -La regularidad de las llegadas a una parada determinada
CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO DE PASAJEROS	
-Las concentraciones de pasajeros y distribución en las principales paradas	-Características del número de pasajeros en horas pico
CARACTERISTICAS DEL TRAFICO EN LAS CALLES	
-Volumen y naturaleza del resto del tráfico	-Connotación de presencia de intersecciones
MÉTODO DE CONTROL DE AVANCES	
-Automático o por el operador de frecuencias	-Política de distancia entre vehículos

Cuadro 1 Cap 3.2 Parámetros de Cálculo

< Factores que influyen en la capacidad de tránsito >

Características de Derecho de Vía

En general, el más exclusivo derecho de vía, es el de menor interacción que los vehículos de transporte tienen con otros de tráfico por tanto además mayor es la velocidad y la capacidad que se puede lograr.

Características del Vehículo

Las características del vehículo influyen en el número de personas que pueden ser transportados en un vehículo determinado. Dos vehículos con exactamente las mismas dimensiones exteriores puede tener la capacidad de pasajeros muy diferentes, dependiendo del número de plazas ofrecidas, y la orientación de los asientos en el vehículo (es decir, longitudinal vs transversal). Un vehículo más amplio será capaz de llevar a más gente que uno más estrecho o más corto. Autobuses de piso bajo por lo general tienen menos escaños que corresponden los autobuses de piso alto, ya que el lugar de los neumáticos ocupan un espacio que de otra forma se han utilizado para los asientos

Diversidad de Demanda de Pasajeros

La demanda de pasajeros es irregular, distribuidos en el espacio y el tiempo. La distribución temporal y espacial de los pasajeros en tránsito a menudo impide que la capacidad de tránsito sea plenamente utilizados durante las horas pico. En el sentido temporal, los picos dentro del período de horas pico se producen al inicio de las actividades laborales y en los horarios de finalización y puede dar lugar a breves períodos de funcionamiento a plena capacidad. Fluctuaciones a corto plazo en la demanda de pasajeros se debe considerar para evitar colas de pasajeros o de

hacinamiento inaceptables. Las variaciones en los patrones de llegada de pasajeros y tiempos de espera en las paradas tenderán a reducir la capacidad. La diversidad temporal se ajusta en los cálculos de la capacidad mediante el uso de un factor de hora pico, que sirve para reducir la capacidad teórica de las personas.

La diversidad espacial se puede manifestar de varias formas, desde subir y bajar puntos en la escala macro para la distribución de los pasajeros dentro del vehículo a escala micro. Una línea de transporte con una distribución relativamente uniforme de embarque de pasajeros entre paradas por lo general tienen una mayor capacidad, que una donde se concentra el embarque de pasajeros en una sola parada. La carga es a menudo desigual entre los autobuses que operan en conjunto en una sola ruta.

3.2.1 Zonas de Embarque y Desembarque

Son espacios donde en la acera o en una terminal un solo bus puede parar para cargar y descargar pasajeros.

Es un lugar dentro de una ruta de autobús, por lo general marcados por un signo, en la que los autobuses paran para recoger y desembarcar a los pasajeros¹⁸

Estas zonas para su correcto diseño deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Tiempo de permanencia
- Tiempo de despacho
- Tiempo de espera
- Falta de ritmo

¹⁸<http://www.thefreedictionary.com/bus+stop>

Factores que serán descritos con mayor amplitud en el capítulo subsiguiente de Metodología de Capacidad de Tráfico de buses

3.2.2 Zonas de Paradas de Bus

Una parada de autobús es un lugar donde los autobuses se detienen para cargar y descargar pasajeros y éstas pueden constar de una o más zonas de embarque o desembarque. En lo concerniente a la capacidad de tráfico está relacionado con la capacidad de los buses dentro de las zonas de embarque y desembarque individuales en la parada, el número de zonas de embarque y desembarque que estará supeditada al diseño de las zonas de parada de buses. Además, las señales de tráfico cerca regirán el número de autobuses que entra o sale de la parada.

El número de zonas de embarque y desembarque siempre deben ser suficientes para acomodar el número de autobuses programado para el uso de la parada. Sin embargo, la longitud de una calle, la ubicación de calzadas, y/o la necesidad de mantener parqueaderos en la calle puede restringir el tamaño de la parada de autobús. Adicionalmente, tener más de tres zonas de embarque y desembarque en una parada, potencialmente puede ser confuso para los pasajeros, ya que no se sabe dónde esperar el autobús, y puede llevar a incrementar los tiempos de permanencia, cuando los pasajeros deben caminar hasta el final de la cola de autobuses para abordar.

Los factores externos y necesidades de los pasajeros pueden restringir el tamaño de las paradas de autobús.

3.2.3 Zonas de Libre Circulación

Las zonas de libre dentro del ámbito del estudio de capacidad de tráfico de los autobuses son, los caminos utilizados por los autobuses y puede contener varias paradas de autobús lo largo de su recorrido

Del mismo modo, la capacidad de una zona de libre circulación de los autobuses se verán limitados por la capacidad de la parada crítica a lo largo de la instalación, que suele ser la parada con los volúmenes más altos de pasajeros y el más largo tiempo de permanencia. En el gráfico 1 se muestra la relación de zonas de embarque, de permanencia en paradas de bus, y las zonas de libre circulación

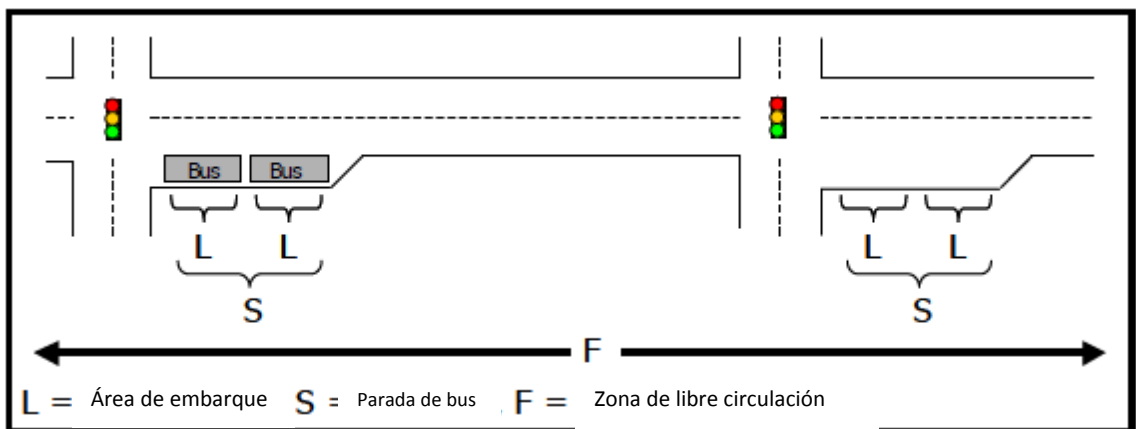


Gráfico 1 Cap 3.2 Parámetros de Cálculo

< Área de embarque, Parada de bus, Zona de libre circulación >

Siendo:

L= Zona de embarque y desembarque de pasajeros

S= Zona de Parada de Autobuses

F= Zona de Libre Circulación

CAPITULO IV

METODOLOGIA DE CAPACIDAD DE TRÁFICO DE BUSES

4.1 Generalidades

La planificación y la ejecución de los planes siguen por lo general un patrón general, de acuerdo con las etapas que se describen brevemente a continuación. Obviamente, el detalle o las necesidades de cada etapa varían con el proyecto.

1. Reconocimiento de la necesidad
2. Metas de planificación
3. Objetivos
4. Estudios de demanda
5. Análisis de demanda
6. Diseño de soluciones
7. Evaluación de alternativas
8. Presentación
9. Ejecución del plan¹⁹

El desarrollo de la presente tesina busca esencialmente generar herramientas, que coadyuven a establecer las necesidades presentes y futuras del sistema de transporte urbano

¹⁹ W. HAY, William, "Ingeniería de Transporte", pág. 547, Editorial Limusa, México, 1983

La infinidad de problemas que surge en materia de transportación ha hecho que se reconozca la necesidad de que el estado ejerza cierto control de la misma y participe en su planteamiento y desarrollo, ya que afecta a la economía general y a la sociedad del estado. Lograr definir con exactitud cuál es el verdadero alcance y la autoridad de las entidades reguladoras de tránsito. Las estrechas relaciones causales entre la población, los usos del suelo y los sistemas de transporte, es por tanto que un tópico fundamental de análisis y discusión es justamente la capacidad de tráfico de buses.

La capacidad del autobús es un tema complejo: se trata de la circulación de personas y vehículos, depende del tamaño de los buses y la frecuencia con que operan, y refleja la interacción entre las concentraciones de tráfico de pasajeros y el flujo de vehículos. También depende de la política de funcionamiento del proveedor de servicios, que normalmente se especifica la frecuencia del servicio y las cargas admisibles de pasajeros. En última instancia, la capacidad de las rutas de autobuses, carriles para autobuses, y terminales de autobuses, en términos de personas transportadas, generalmente se limitan a (1) la capacidad de las paradas o zonas de embarque y desembarque de pasajeros, (2) el número de vehículos operados y (3) la distribución de los embarques y desembarques a lo largo de una ruta.²⁰

4.2 Proceso de Cálculo de Capacidad

La capacidad del autobús se calcula en tres puntos o zonas clave:

²⁰TCRP Report 100: Transit Capacity and Quality of Service Manual, Transportation Research Board, Washington, DC (2003), 2da Ed.

1. Zonas de Embarque y Desembarque de autobuses son espacios en la acera donde un solo bus puede parar para cargar y descargar pasajeros.

2. Zonas de Paradas de Autobús se forman a partir de una o más zonas de Embarque y Desembarque, dependiendo de cuántos autobuses se podrán utilizar la parada de forma simultánea.

3. Zonas de Libre Circulación son los caminos utilizados por los autobuses y puede contener varias paradas de autobús a lo largo de su recorrido

4.3 Capacidad de Bus en Embarque y Desembarque

Para abordar la metodología a seguir para el cálculo de la capacidad en esta zona dependerá fundamentalmente de los siguientes elementos

4.3.1 *Tiempo de permanencia.*

La cantidad promedio de tiempo que un autobús se detiene en la acera o terminal para servir a los pasajeros en el instante del embarque y desembarque de los mismos, incluyendo el tiempo requerido para abrir y cerrar las puertas.

La determinación de la capacidad de las zonas de embarque y desembarque consideradas de manera individual es fundamental para determinar las capacidades de las zonas paradas de autobús y las zonas de libre circulación. A su vez, el promedio de tiempo de permanencia en las zonas de embarque y

desembarque son fundamentales para determinar las capacidades de esas otras zonas.

Los tiempos de permanencia pueden estar regidas por la demanda de embarque (por ejemplo, en el período pico de la tarde cuando los autobuses relativamente vacíos llegan a una parada muy utilizada), por la demanda de desembarque de la unidad (por ejemplo, en el período pico en la mañana en el mismo lugar antes mencionado), o por la demanda total de pasajeros de intercambio (por ejemplo, en un punto importante de la transferencia). En todos los casos, el tiempo de permanencia es proporcional a la de embarque y / o volúmenes de desembarque y la cantidad de tiempo necesario para servir a cada pasajero.

Hay cinco factores principales que influyen en el tiempo de permanencia. Dos de ellos se refieren a la demanda de pasajeros, mientras que los otros tres se refieren a los tiempos de servicio de pasajeros:

- **La demanda de pasajeros y embarque.** El número de personas que pasan por la puerta de mayor volumen/actividad es un factor clave en el tiempo que tomará para que todos los pasajeros puedan ser servidos. La proporción de desembarque de pasajeros que se bajan a través de la puerta mayor volumen/actividad también afecta el tiempo que tardan los pasajeros en embarca, provocando retrasos en los tiempos de permanencia del autobús
- **Espaciamiento entre paradas de bus.** Cuanto menor sea el número de paradas, mayor será el número de pasajeros que suben en una parada

determinada. El equilibrio es necesario entre el suministro de muchas paradas o muy pocas, en el primer caso con tiempos de espera relativamente altos y tiempos de caminata de los pasajeros relativamente distante; y ofrecer demasiadas paradas (que reducen la velocidad global de viajes debido a la pérdida de tiempo en la aceleración, desaceleración, y posiblemente la espera de un tráfico señal cada vez que se realiza una parada).

- **Procedimientos de pago de tarifa.** El tiempo medio para pagar una tarifa es una gran influencia en el tiempo requerido para atender a cada embarque de pasajeros. Algunos tipos de procedimientos de pago de tarifa permiten a los pasajeros abordar a través de más de una puerta en las paradas de gran congestión, lo que permite a todos los pasajeros a ser servidos, con mayor rapidez.
- **Tipos de autobuses.** Tener que subir o bajar escalones, al subir y bajar del autobús aumenta la cantidad de tiempo necesario para servir a cada pasajero.
- **Con el autobús en circulación.** Cuando están presentes pasajeros de pie en un autobús, tarda más tiempo para el embarque de pasajeros, ya que se necesita tiempo adicional para despejar el área de cobro de tarifa, y dirigir a los demás pasajeros hacia la parte trasera del autobús.

El Tiempo de espera también puede verse afectado por el tiempo requerido para la embarque de pasajeros en silla de ruedas y del aseguramiento de los usuarios con bicicletas (en caso de que el vehículo tenga adaptaciones de bastidores de bicicletas). Sin embargo, a menos que estas actividades se realizan con

regularidad en una parada determinada, pueden ser tratados como eventos aleatorios que se abordan en el cálculo de la variabilidad del tiempo (es decir, el embarque de una silla de ruedas se traducirá en un incremento en la media el tiempo de permanencia cuando se producen, sin embargo estos eventos no ocurren muy frecuentemente).

ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE PERMANENCIA

Tres métodos se pueden utilizar para estimar los tiempos de parada de autobuses:

1. **Mediciones de campo**, es el mejor método para la evaluación de una ruta de autobús existente
2. **Valores por defecto**, método adecuado para la planificación del futuro, cuando estimaciones confiables de volúmenes de embarque y desembarque de pasajeros no están disponibles, y
3. **Cálculo**, adecuado para la estimación de tiempos de permanencia, cuando se dispone de conteo o datos del volumen de pasajeros que suben o bajan, o cuando se dispone de estimaciones.

Método 1: Mediciones de campo

Es la forma más exacta para determinar los tiempos de permanencia de un autobús en una parada, es para medir directamente. Un promedio (una media) del tiempo de permanencia y su desviación estándar se puede determinar a partir de una serie de observaciones.

A continuación se presenta una metodología estandarizada para la medición de tiempos de permanencia de autobuses en campo. Es la mejor manera para la evaluación de las rutas existentes de autobuses.

PROCEDIMIENTO DE RECOGIDA DE DATOS DE TIEMPO

INTRODUCCIÓN

Los tiempos de servicio a los pasajeros pueden variar mucho dependiendo de muchos factores. Por ejemplo, los tiempos de servicio de pasajeros reportados en diferentes literaturas tienen rango de 1 a 10 segundos por pasajero. Por esta razón, se recomienda que los datos de campo se recojan para la estimación de los tiempos de servicio de pasajeros y tiempos de espera para un sistema determinado.

A pesar de que el tiempo de servicio de pasajeros de un vehículo de transporte, puede verse afectado por muchos factores, la mayoría de estos factores son constantes para un sistema dado. Por esta razón, los principales determinantes como el tiempo de servicio suelen incluir los aspectos de la demanda de pasajeros. Por lo tanto, un sistema de transporte dado con las características de funcionamiento constante (es decir, el sistema de recaudo, el número y ancho de las puertas, el número de pasos para subir / bajar, etc.), los principales factores que afectan el tiempo de servicio serán

- El número de embarque de pasajeros,
- El número de pasajeros de desembarque, y
- El número de pasajeros a bordo.

TIEMPOS DE SERVICIO DE PASAJEROS

Los movimientos de pasajeros en la mayoría de las paradas son pequeños, por lo general uno o dos pasajeros subiendo o descendiendo por parada. En estas situaciones, el tiempo de permanencia son relativamente independientes de los tiempos de servicio de pasajeros y no es posible recoger datos estadísticos útiles. Para determinar los tiempos de servicio a los pasajeros para su uso en la evaluación de las diferencias entre los sistemas (como las puertas de simple y doble flujo y los autobuses de piso alto o bajo, o sistemas alternativos de recolección de tarifas), la recopilación de datos se debe hacer solamente en las paradas de gran volumen. Estas paradas suelen ser en el centro o en los puntos de transferencia mayores. La dificultad de recopilación de datos requerirá de una o dos personas, dependiendo del número de pasajeros.

Los siguientes son los pasos que se pueden utilizar para recoger datos de campo sobre los tiempos de servicio de pasajeros. Un ejemplo de una hoja de recolección de datos se muestra en el Cuadro 2

1. Desde una posición en la parada en estudio, grabar el número de identificación para cada vehículo que llega.
2. Registrar el tiempo que el vehículo le toma detenerse por completo.
3. Registrar el tiempo que toma en abrirse las puertas por completo.

4. Contar y anotar el número de pasajeros que bajan del autobús y el número de pasajeros que embarcan.
5. Registrar el tiempo que toma la terminación de flujos importantes de personas. (Nota: Esto es algo subjetivo, pero esencial para correlacionar los flujos por unidad de tiempo. No deberán ser incluidos los tiempos de los pasajeros rezagados a la entrada o la salida)
6. Cuando cese el flujo de pasajeros, contar el número de pasajeros que permanezcan a bordo. (Nota: Si el número de plazas del vehículo de transporte es conocido, el número de pasajeros a bordo se puede estimar contando el número de puestos vacantes o el número de pasajeros de pie).
7. Registrar el tiempo cuando las puertas se han cerrado completamente.
8. Registrar el tiempo cuando el vehículo empieza a moverse. (Nota: El tiempo de salida debería excluir a los puntos de tiempo en espera o en las intersecciones semaforizadas, donde el vehículo tiene que esperar a que un semáforo se ponga en verde)
9. Registrar las circunstancias especiales. En particular, los tiempos de movimiento de las sillas de ruedas.

El tiempo de servicio de pasajeros de cada vehículo de transporte de llegada se calcula tomando la diferencia entre el momento en que la puerta se abre y el tiempo en que el flujo principal de personas se detiene. El tiempo de servicio por

pasajero se calcula dividiendo el número de pasajeros de embarque (o desembarque) para el tiempo de servicio total.

Hoja de Recolección de Tiempos de Servicio de Pasajeros										
Fecha				Hora						
Ruta				Ubicación						
Bus #	Tiempo de Arribo	Apertura de puertas	Cese de flujo principal	Tiempo de salida	Embarque de Pasajeros		Desembarque de Pasajeros		Pasajeros de Salida	Notas
					P. Delantera	P. Trasera	P. Delantera	P. Trasera		

Cuadro 2 Cap 4.3.1 Tiempos de Permanencia

< Ejemplo de Hoja de Recolección de Tiempo de Servicio de Pasajeros >

TIEMPOS DE PERMANENCIA

El procedimiento para la determinación de tiempos de espera es similar a la de estimación de tiempos de servicio de pasajeros, excepto que los tiempos de permanencia se determinan mejor con controles de viaje. Con controles de viaje, el observador viaja en el vehículo de transporte durante todo el recorrido de varias vueltas de la ruta, en diferentes momentos del día. Un solo observador por lo general puede controlar ambas puertas en una bus de 40 pies (12 metros) de longitud. Si bien es más difícil para un solo observador manejar la toma de datos en autobuses articulados que tienen tres puertas, es posible con un experimentado observador. Para los vehículos de tipo metro ligero, por lo menos un observador por cada coche será necesario. Un equipo automatizado también puede controlar los tiempos de permanencia, posiblemente en conjunción con el equipo de conteo automático de pasajeros.

Por lo general, una ruta determinada tendrá buses de similares características. Donde las características, tales como puertas simples o dobles, los cuerpos rígidos o articulados, o buses de piso alto o bajo, sin embargo en caso de ser diferentes, los conjuntos de datos se deberán obtener para cada tipo de equipo. Una hoja de datos de ejemplo es como se muestra en el Cuadro 3. Esta hoja puede ser adaptada para registrar el tráfico y el retraso en intersección. Donde los tiempos de servicio de pasajeros no son necesarios, la apertura de puertas, el cese del flujo de pasajeros, las columnas de la puerta se pueden omitir.

Los siguientes son los pasos que se pueden utilizar para recoger datos de campo para estimar los tiempos de permanencia:

1. Desde una posición en el vehículo de transporte, registre el número de parada o nombre en cada parada.
2. Registrar el tiempo que le toma al autobús se detiene por completo.
3. Registrar el tiempo que las puertas se han abierto por completo.
4. Contar y anotar el número de pasajeros al bajar del vehículo y el número de pasajeros al embarque.
5. Registrar el tiempo que el pasajero importantes flujos terminan.
6. Es cese de flujo de pasajeros, contar el número de pasajeros que permanezcan a bordo. (Nota: Si se conoce el número de plazas del vehículo de transporte, el número de pasajeros a bordo se puede estimar contando el número de puestos vacantes o el número de pasajeros de pie).
7. Registrar el momento en que las puertas han cerrado completamente.
8. Registrar el momento en que el vehículo empieza a moverse. (Nota: la espera en puntos de espera o en las intersecciones semaforizadas donde en el tiempo de espera se extiende debido a una señal roja del semáforo hay que señalar que no se incluirán dentro del tiempo de permanencia, un retraso debido a un conductor que brinda respuesta a una solicitud de información de un pasajero es un evento

cotidiano y deberá incluirse en el cálculo de tiempo de espera. El tiempo perdido tratando con conflictos de tarifas, objetos perdidos, y otros hechos no deben ser incluidos en el cálculo.

9. Tenga en cuenta las circunstancias especiales. En particular, los tiempos de movimiento de sillas de ruedas. Si esto está incluido en la media de tiempo de espera dependerá del sistema incluido en el autobús. Los tiempos de espera debido a los movimientos de sillas de ruedas poco frecuentes que a menudo no están incorporadas en la programación del tiempo de ruta se basarán en la asignación de tiempo de recuperación al final de cada carrera.

El observador debe aplicar su criterio en ciertos casos. Cerca del lado de parada antes de las intersecciones semaforizadas, el conductor puede esperar con las puertas abiertas como una cortesía a los pasajeros que llegan tarde. Las puertas se cerrarán antes de que una luz verde. Este tiempo de espera adicional no debe ser considerado como tiempo de permanencia, pero como el tiempo de cruce demora.

Hoja de Recolección de Tiempos de Permanencia										
Fecha			Hora			Bus N°			Bus Tipo	
Ruta			Carrera N°			Ubicación				
Nombre y # de parada	Tiempo de Arribo	Apertura de puertas	Cese de flujo principal	Tiempo de salida	Embarque de Pasajeros		Desembarque de Pasajeros		Pasajeros de Salida	Notas
					P. Delantera	P. Trasera	P. Delantera	P. Trasera		

Cuadro 3 Cap 4.3.1 Tiempos de Permanencia

<Ejemplo de Hoja de Recolección de Tiempos de Permanencia>

Método 2: Los valores por defecto

Si los datos de campo o conteo de pasajeros no están disponibles para una parada de autobús, los valores representativos siguientes se pueden utilizar para estimar el tiempo de permanencia en las horas críticas (en las paradas más activas): 60 segundos para paradas en el centro de la ciudad, en puntos principales de transferencia de pasajeros, o grandes zonas de embarque y desembarque de pasajeros, 30 segundos para una parada de gran demanda en las periferias; y 15 segundos en una parada de periferia típica²¹

Método 3: Cálculo

Este método requiere que los conteos de pasajeros o las estimaciones disponibles, estén clasificados por el número de pasajeros que suben y bajan.

²¹ Levinson, H.S., INET Transit Travel Times Analysis, prepared for the Urban Mass Transit Administration, Washington, DC (April 1982).

Paso 1: Obtener cálculos por hora del volumen de pasajeros. Estas estimaciones se requieren sólo para las paradas de mayor volumen. Cuando se tenga operaciones de “saltos de parada” se utilizan estimaciones solo para el más alto volumen de las paradas en cada secuencia de saltos de parada.

Paso 2: Ajustar los volúmenes por hora de pasajeros en hora pico. La ecuación 1 muestra el factor de hora pico (PHF) para el método de cálculo. El rango típico de los factores de hora pico es de 0.60 a 0.95 para las líneas de tránsito²²²³. En ausencia de otra información, 0.75 puede ser utilizado como un PHF por defecto para el servicio de autobuses, donde el horario no se ajusta para adaptarse a los picos de demanda (por ejemplo, cuando se usan Headways (avance programado entre los viajes de vehículos)²⁴. Cuando los Headways se ajustan para servir a los picos de la demanda previsible, una PHF de 0.85 puede ser utilizada como un defecto. Un PHF igual a 1.0 puede indicar una sobrecarga del sistema (underservicing) y revelan el potencial de incrementar el servicio. Si los autobuses operan a más de 15 minutos con Headways, el denominador de la Ecuación 1 debe ajustarse de manera apropiada (por ejemplo, $3P_{20}$ para 20 minutos con Headways). La Ecuación 2 se ajusta el volumen de pasajeros por hora para reflejar las condiciones en las horas pico

²² Homburger, W.S. (editor), Transportation and Traffic Engineering Handbook, Second Edition, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ (1982).

²³ Special Report 209: Highway Capacity Manual, TRB, National Research Council, Washington, DC (1985).

²⁴ AC Transit APPENDIX: A, Service Development , GLOSSARY OF TERMS, Definitions of Terms, Acronyms and Abbreviations used in Board Policies

$$PHF = \frac{P_h}{4 \cdot P_{15}}$$

Ecuación 1

$$P_{15} = \frac{P_h}{4(PHF)}$$

Ecuación 2

Siendo:

PHF = Factor de Hora Pico

P_h = Volumen de pasajeros durante la hora pico

P_{15} = Volumen de pasajeros durante 15 minutos de la hora pico

Los factores de hora pico van desde 0,25 (toda la demanda de pasajeros se produce durante un solo período de 15 minutos en una hora) a 1,00 (la demanda es constante a lo largo de la hora).

Paso 3: Determinación de la base de tiempo de servicio de pasajeros. En el Cuadro 4 se puede utilizarse para estimar los tiempos de situaciones típicas en una sola dirección de pasajeros que utilizan una puerta a la vez y todos los pasajeros suben a través de una sola puerta. Cuando los pasajeros pueden abordar a través de varias puertas (por ejemplo, servicio de transporte gratuito, tarjetas o boletos prepago, pago a la salida del servicio, o el embarque en una zona de tarifa de prepago)

El Cuadro 5 se puede utilizarse en lugar de calcular estos tiempos. Se debe tener en cuenta que si se tiene dos puertas de embarque esto no implica que se reduzca a la mitad el tiempo de embarque de pasajeros promedio, a pesar de que proporciona una mejora significativa.

SITUACION	TIEMPO DE SERVICIO DE PASAJEROS [segundos por persona]			
	RANGOS OBSERVADOS	VALORES SUGERIDOS		
EMBARQUE				
Pre-pago *	2.25 - 2.75	2,5		
Billete de ida o ficha	3.4 - 3.6	3,5		
Cambio Exacto	3.6 - 4.3	4		
Pase o de tarjetas por inserción	4,2	4,2		
Tarjeta inteligente	3.0 - 3.7	3,5		
DESEMBARQUE				
Puerta Delantera	2.6 - 3.7	3,3		
Puerta Trasera	1.4 - 2.7	2,1		
*incluyen tarifa cero, pase de autobús, transporte gratuito y de pago en la salida				
Añadir 0,5 s / p a los tiempos de embarque cuando pasajeros de pie están presentes.				
Restar 0,5 s / p desde los tiempos de embarque y desembarque en los autobuses de piso bajo.				

Cuadro 4 Cap 4.3.1 Tiempos de Permanencia

< Tiempos de Servicio de Pasajeros con un solo canal de movimiento de pasajeros >

Puertas disponibles	Tiempo predeterminado de servicio [s / p]		
	Embarque*	Desembarque	
		Puerta Delantera	Puerta Trasera
1	2.5	3.3	2.1
2	1.5	1.8	1.2
3	1.1	1.5	0.9
4	0.9	1.1	0.7
6	0.6	0.7	0.5
* Asumir que sistema de tarifa a bordo es requerida			
Aumentar los tiempos de embarque en un 20% cuando están presentes pasajeros de pie. Para los autobuses de piso bajo, reducir los tiempos de embarque en un 20%, desembarque delantero un 15%, y desembarque trasero			

Cuadro 5 Cap 4.3.1 Tiempos de Permanencia

< Tiempo de Servicio de pasajeros con múltiples canales de movimiento de pasajeros >

Paso 4: Ajuste de los tiempos de servicio de pasajeros para grandes flujos a través de una sola puerta. Cuando el 25 al 50% del flujo de pasajeros pasa a través de una sola puerta es en la dirección opuesta de la corriente principal de los pasajeros, aumentar el tiempo de embarque y desembarque de pasajeros en un 20% (0,5 segundos para una puerta) para tener en cuenta la congestión de pasajeros en la puerta.²⁵

Paso 5: Calcular el tiempo de permanencia. El tiempo de permanencia es el tiempo necesario para servir a los pasajeros en la puerta más congestionada, más el tiempo necesario para abrir y cerrar las puertas. Un valor de 2 a 5 segundos para abrir la puerta y el cierre es razonablemente valido para operaciones normales.²⁶²⁷

$$t_d = P_a t_a + P_b t_b + t_{oc} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde

t_d = tiempo medio de permanencia

P_a = número de pasajeros por bus que desembarcan a través de la puerta más congestionada [p]

t_a = tiempo de servicio de desembarque de pasajeros [s/ p]

²⁵Special Report 209: Highway Capacity Manual, TRB, National Research Council, Washington, DC (1985).

²⁶ Levinson, H.S. Analyzing Transit Travel Time Performance. In *Transportation Research Record 915*, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1983).

²⁷Cuntill, M.A., and P.F. Watts, "Bus Boarding and Alighting Times." Report LR 521, Great Britain Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, England (1973).

P_b =números de pasajerospor bus que se embarcan a través de la puerta más congestionada [p]

t_b =tiempo de servicio de embarque de pasajeros[s/ p]

t_{oc} =tiempo de apertura y cierre de la puerta[s].

IMPACTO DE LOS MOVIMIENTOS DE SILLA DE RUEDAS EN EL TIEMPO DE PERMANENCIA

Estas consideraciones serán tomadas cuando los autobuses de transporte están equipados con elevadores para sillas de ruedas o rampas. Cuando un ascensor está en uso, la puerta está bloqueada por el uso de otros pasajeros. Un tiempo típico de ciclo de elevación de sillas de ruedas son de 60 a 200 segundos, mientras que las rampas utilizadas en autobuses de piso bajo reducen los tiempos de ciclo de 30 a 60 segundos (incluyendo el tiempo necesario para asegurar la silla de ruedas dentro del autobús). Los tiempos de ciclo superior se refieren a una pequeña minoría de los usuarios sin experiencia o en desventaja grave. Cuando los usuarios de sillas de ruedas utilizan regularmente una parada de autobús particular, el tiempo de elevación de sillas de ruedas debe ser incorporado en el tiempo medio de permanencia. Cuando los movimientos de sillas de ruedas son inusuales, su incidencia en el tiempo de permanencia se explica por dentro del tiempo variable, más adelante en este capítulo.

IMPACTO DE LAS BICICLETAS EN EL TIEMPO DE PERMANENCIA

Un número creciente de sistemas de tránsito proporcionan bastidores plegables bicicletas en los autobuses. Cuando no se cargan las bicicletas, los bastidores suelen doblar en posición vertical contra la parte delantera del autobús. (Algunos sistemas también utilizan la parte trasera, bastidores, y muy pocos permiten bicicletas a bordo de ciertas rutas de larga distancia.) Cuando se cargan las bicicletas, los pasajeros despliegan el portabicicletas y cargan sus bicicletas en una de las posiciones de carga disponible (por lo general dos se proporcionan). El proceso toma aproximadamente 20 a 30 segundos. Cuando el uso de la bicicleta en rack en una parada es lo suficientemente frecuentes como para justificar un tratamiento especial, el tiempo medio de permanencia se determina mediante la mayor parte del tiempo el servicio de pasajeros o la bicicleta de carga / descarga.

4.3.2 *Tiempo de despeje.*

El tiempo mínimo requerido para que un bus acelere y despeje el área de embarque y desembarque, y para que el bus próximo se detenga en la zona de embarque y desembarque, incluyendo adicionalmente el tiempo de espera para un espacio en el tráfico.*El tiempo de permanencia más el tiempo de despeje es igual al tiempo medio de un que bus determinado ocupa una zona de embarque y desembarque

Una vez que el bus cierra sus puertas y se prepara para partir de una parada, hay un período adicional de tiempo, conocido como el tiempo de eliminación o despeje, cuando la zona de carga todavía no está disponible para su uso por el próximo autobús. Parte de este tiempo es fijo, consistente en el tiempo que le toma a un autobús en ponerse en marcha y los recorrer su propia longitud, despejando la parada.

Cuando los autobuses paran en el carril de tráfico (off-line), hay otro componente para el tiempo de eliminación o despeje: el tiempo necesario para un espacio adecuado en el tráfico para permitir que el autobús vuelva a entrar en la calle. Este retraso de reingreso depende del volumen de tráfico en el carril de la acera y el tráfico aumenta a medida que aumentan los volúmenes. La demora también depende de la influencia de las señales de tráfico, que puede generar largas brechas en el tráfico, seguidos por períodos de tiempo en un flujo constante de automóviles que pasan por la parada. Algunos países tienen leyes que obligan a los automovilistas a ceder el paso a los autobuses para re-entrar a una calle, en función de cómo los conductores cumplan con estas leyes, el retardo de re-entrada puede ser reducido o incluso eliminado.

Muchas agencias de tránsito evitan el uso del off-line para que se detengan en plena calle con el fin de evitar este retraso de reingreso. Sin embargo, muchas

agencias prefieren en la vía un sistema off-line para evitar retrasos en el resto del tráfico y reducir la posibilidad de colisiones traseras entre vehículos y buses.

ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE ELIMINACIÓN O DESPEJE

Varios estudios han examinado los componentes de tiempo de despeje, obteniéndose los siguientes tiempos

-Tiempo total de despeje entre 9 y 20 segundos²⁸.

Tiempo necesario para que un autobús se ponga en marcha y recorra su propia longitud para despejar de una parada de unos 10 segundos²⁹³⁰.

En las paradas off-line, el tiempo de entrada se puede medir en el campo o estimado del Cuadro 6. Tenga en cuenta que este cuadro se aplica sólo a la llegada de vehículos al azar. Si el flujo de tráfico más allá de la parada de autobús se ve afectada por una señal de tráfico, o si los autobuses deben esperar en una fila para la respuesta de una señal de tráfico antes de que puedan volver a entrar en la calle, se puede utilizar para estimar el intervalo promedio entre las brechas aceptables (que se supone siete segundos en ausencia de otra información).

²⁸ *Special Report 209: Highway Capacity Manual*, TRB, National Research Council, Washington, DC (1985).

²⁹ St. Jacques, Kevin and Herbert S. Levinson, *TCRP Report 26: Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials*, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1997). http://gulliver.trb.org/publications/tcrp/tcrp_rpt_26-a.pdf

³⁰ Scheel, W. and J.E. Foote, "Bus Operation in Single Lane Platoons and Their Ventilation Needs for Operation in Tunnels," *Research Publication GMR-808*, General Motors Research Laboratories, Warren, MI (1962).

Carril Adyacente	Tiempo promedio de
Volumen de Tráfico [vel/h]	retraso por reentrada [seg]
100	1
200	2
300	3
400	4
500	5
600	6
700	8
800	10
900	12
1000	15

Cuadro 6 Cap 4.3.1 Tiempos de Permanencia

< Tiempo promedio de retraso por re-entrada de buses (Arribo Aleatorio de Vehículos) >

4.3.3 *El tiempo de permanencia variable.*

La presencia o su ausencia de los tiempos de espera entre autobuses que utilizan la zona de embarque y desembarque.

4.3.4 *Tasa de Falla.*

Es la probabilidad de que un autobús se llega a una zona de embarque y desembarque, y encuentre otro autobús ya ocupando esta zona.*El tiempo de permanencia variable y la tasa de falla se aplica cuando los tiempos de permanencias estén sobre el promedio, no se aplica cuando un autobús no retrase al bus siguiente.

Estos dos temas por su interrelación serán tratados conjuntamente.

No todos los autobuses paran por la misma cantidad de tiempo en una parada, en función de las fluctuaciones en la demanda de pasajeros entre buses y entre rutas. El efecto de la variabilidad en los tiempos de parada de autobús en la capacidad del autobús se refleja en el coeficiente de variación de tiempos de espera (cv), que es la desviación estándar de los tiempos de permanencia, dividido por el promedio (media) del tiempo de permanencia. Cuando cv es cero, todos los tiempos de permanencia son los mismos. Cuando cv es de 1,0, la desviación estándar de los tiempos de permanencia es tan grande como la media de tiempo de espera, lo que significa que aproximadamente uno de cada tres autobuses tendrá un tiempo de permanencia dos veces tan grande como el tiempo medio de permanencia.

Con base en observaciones de campo de los tiempos de parada de autobuses en varias ciudades de los EE.UU.,³¹ el (cv) normalmente varía de 0,4 a 0,8, con 0,6 recomendado como un valor apropiado en la ausencia de datos de campo. La variabilidad del tiempo se ve influenciada por los mismos factores que afectan el tiempo de permanencia.

Si una serie de observaciones en tiempo son representadas, formarían una distribución normal similar a la que se muestra en el gráfico 2

³¹ St. Jacques, Kevin and Herbert S. Levinson, *TCRP Report 26: Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials*, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1997). http://gulliver.trb.org/publications/tcrp/tcrp_rpt_26-a.pdf

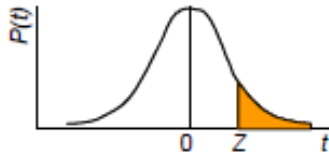


Gráfico 2 Cap 4.3.4 Tasa de Falla

< Distribución estándar normal, tiempo de permanencia variable >

Una distribución más estrecha con un pico más alto indicaría una menor variabilidad, mientras que una distribución más amplia, con un pico más bajo que indican una mayor variabilidad.

Una capacidad del área de embarque y desembarque se maximiza cuando el autobús está disponible para pasar a una zona de embarque tan pronto como el bus anterior se desocupe. Sin embargo, esta condición no es deseable por varias razones: (1) velocidad de bus de viaje se reducen, debido a que los tiempos de espera para una zona de embarque se convierten en disponibles, (2) la fiabilidad horario de autobuses sufre a causa de los retrasos adicionales, y (3) bloquear el tráfico de autobuses en la calle durante periodos más largos de tiempo. En consecuencia, el análisis de la capacidad de buses se incorpora el concepto de una tasa de fracaso que establece la frecuencia de que un autobús llega a una parada y encuentra todas las áreas de embarque ocupadas

La tasa de fracaso se utiliza en combinación con la variabilidad del tiempo de permanencia y el tiempo medio de permanencia para proporcionar un margen de operación que se añade al tiempo de espera y el tiempo de despeje para asegurarse de que las fallas no ocurren con más frecuencia que la tasa deseada. En efecto, el margen de operación es la cantidad máxima de tiempo de permanencia de un solo bus puede exceder a la media, sin crear la posibilidad de un fallo de la parada de autobús cuando el número de autobuses programado para el uso de la parada se acerca a su capacidad límite. Cuanto menor sea la tasa deseada fracaso, mayor será el margen de operación y fiabilidad horario, y menor la capacidad del área de embarque. Por el contrario, cuanto mayor sea la tasa de fracaso permitido, menor será el margen de operación y fiabilidad horario, y mayor será la capacidad de carga área.

De las estadísticas, el área bajo ya la derecha de un determinado punto Z en una curva de distribución normal (por ejemplo, el área sombreada en el diagrama anterior) representa la probabilidad de que un bus determinado tiempo de permanencia será superior a esa cantidad. El tiempo de permanencia t_i el tiempo el valor correspondiente a Z se incorpora en la ecuación 4

$$Z = \frac{t_{om}}{s} = \frac{t_i - t_d}{s} \text{Ecuación 4}$$

Donde

Z = variable estándar normal correspondiente a una tasa de fallo deseada

S = desviación estándar de los tiempos de permanencia

t_{om} = margen operativo [s]

t_d = tiempo medio de permanencia [s]

t_i = valor de tiempo de permanencia que no podrá superarse más de las veces que la tasa de fracaso deseado.

Reordenando la ecuación 4 se proporciona el margen de operación necesario para lograr una tasa de fallo de diseño en particular, cuando una zona de embarque opera cercana a su capacidad:

$$t_{om} = sZ = c_v t_d Z \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde

c_v = coeficiente de variación del tiempo de permanencia

El Cuadro 7 provee valores para Z correspondientes para diferentes tasas de Falla

Tasa de Falla	Z
1.0%	2.330
2.5%	1.960
5.0%	1.645

7.5%	1.440
10.0%	1.280
15.0%	1.040
20.0%	0.840
25.0%	0.675
30.0%	0.525
50.0%	0.000

Cuadro 7 Cap 4.3.4 Tasa de Falla

< Valores de Z asociados con una tasa de falla definida >

En las áreas del centro, las tasas de fallo de diseño entre 7,5 a 15% son recomendados para estimar la capacidad. Esto representa un equilibrio entre el mantenimiento de las velocidades de viaje en autobús y la consecución de capacidades más altas requeridas en las áreas del centro. El límite superior, 15%, representa el fracaso en una parada de autobús (las colas que se forman detrás dentro de la parada de autobuses) durante unos 10 minutos por hora. También representa el punto donde las velocidades de viaje en autobús empiezan a bajar rápidamente. En una simulación realizada indica que la velocidad del bus con una tasa de fracaso del 15% son un 20% más bajos que cuando los volúmenes son programados³²

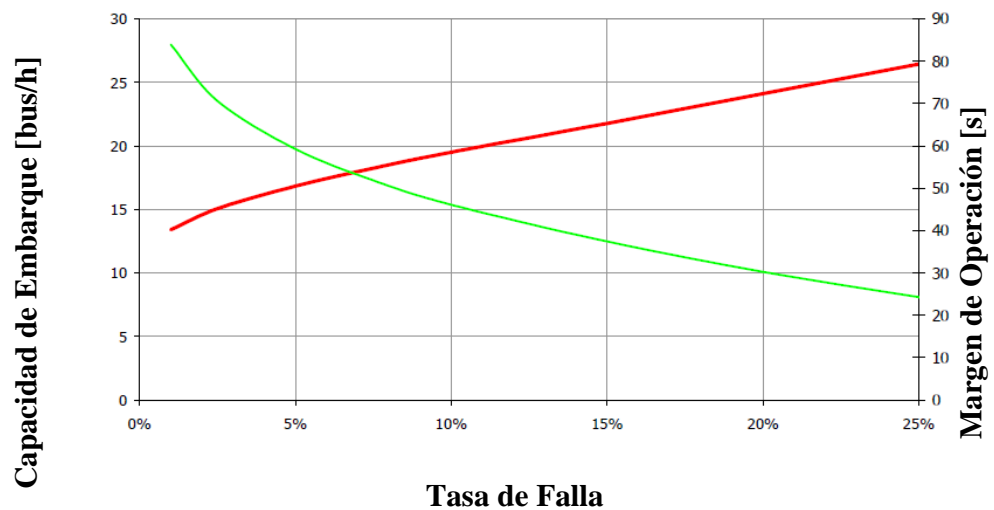
³² St. Jacques, Kevin and Herbert S. Levinson, *TCRP Report 26: Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials*, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1997). http://gulliver.trb.org/publications/tcrp/tcrp_rpt_26-a.pdf

Las velocidades de viaje en autobús bajan rápidamente cuando la tasa de fracaso es superior del 15%

En las zonas fuera del centro, una tasa de fallo de diseño de 2,5%, se recomienda siempre que sea posible, sobre todo cuando se encuentre con paradas off-line, cuando las colas bloquean un carril de circulación produciendo un fallo en la parada de autobús. Sin embargo, las tasas de fracaso hasta el 7,5% son aceptables.

La capacidad es efectiva cuando llega a una tasa de fracaso del 25%. Matemáticamente, la capacidad se maximiza a una tasa de fracaso del 50%, sin embargo, lograr esto requiere un control preciso de Headways, con la única variable de que los volúmenes de embarque de pasajeros en un autobús están determinados, algo que, no es probable que se logre en la práctica. Es más probable que la interferencia de autobuses sería tan frecuente que no todos los autobuses programados serían capaces de servir a una parada determinada en el transcurso de una hora. Además, con una tasa de fracaso del 50%, la velocidad del bus sería extremadamente baja, lo que resulta en una mala calidad del servicio para los pasajeros.

En el gráfico 3 se ilustran las relaciones entre la tasa de fracaso, el margen de operación, y la capacidad de la zona de embarque del bus.



----- Capacidad ----- Margen de Operación

Asumidos 60 seg de tiempo de permanencia y 60% de coeficiente de variación

Gráfico 3 Cap 4.3.4 Tasa de Falla

< Gráfico de las relaciones entre la tasa de fracaso, el margen operativo, y capacidad de embarque para autobuses >

FRECUENCIA DE LA SEÑAL DE TRÁFICO

Una señal de tráfico situada en las proximidades de una parada de autobús y sus zonas de embarque servirán para medir el número de buses que pueden entrar o salir de la parada.

Por ejemplo, en una parada (o en la parte media de una calle cerca de una señal de tráfico), los autobuses sólo pueden entrar en la parada al momento en que la señal es de color verde. Cuanto menor sea el tiempo de la luz verde asignado a la calle, menor será la capacidad. Del mismo modo, en una parada, un bus puede terminar de embarcar pasajeros, pero no tiene que esperar a que la luz cambie a verde antes de salir de la parada.

Como resultado, el autobús en la parada ocupa más tiempo cuando podría haber salido de inmediato, como resultado la capacidad es más baja. Debido a la naturaleza de las operaciones de buses, una corta duración de los ciclos ofrece más oportunidades para los autobuses para desplazarse a través de la señal. En lugares no semaforizados lejos de la influencia de las señales de tráfico, los autobuses pueden entrar y salir de inmediato, con sujeción a las condiciones del tráfico (representado en el tiempo de despacho), sin impacto en la capacidad.

El efecto de las señales de tráfico en la capacidad se explica por la relación de tiempo verde (g / C), que es la cantidad promedio de tiempo de verde para el movimiento de tráfico utilizado por los autobuses, dividida por la longitud del ciclo de la señal de tráfico (el tiempo necesarios para atender todos los movimientos de tránsito).

Por ejemplo, si el tráfico en movimiento paralelo a una parada de autobús en particular recibe una señal verde para un promedio de 54 segundos, y la duración total del ciclo es de 120 segundos, la relación g / C en esa parada es de 54

dividido por 120, o 0,45. La relación g / C en lugares no semaforizados bien lejos de la influencia de las señales de tráfico es de 1,00, ya que el acceso a la parada de autobús o de sus zonas de carga no se mide por una señal.

Como se verá más adelante, la relación g / C afecta a la ecuación de capacidad de dos maneras. En primer lugar, el numerador de la ecuación ajustada se convierte en $3.600 (g / C)$ -que refleja la porción de la hora en que los autobuses pueden entrar y salir de una parada de cualquier tipo. En segundo lugar, el tiempo de permanencia en el denominador la ecuación se ajustase convierte en $t_d (g / C)$ que refleja la porción de permanencia que ocurren durante la fase de luz verde de la calle. El tiempo de permanencia que se produce durante la fase roja no afecta a la capacidad, ya que el autobús no habría sido capaz de entrar o salir de la parada durante la fase de color rojo. El efecto neto es que la capacidad aumenta a medida que la cantidad de tiempo verde se incrementa.

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE BUSES EN LA ZONA DE EMBARQUE Y DESEMBARQUE POR HORA

$$B_l = \frac{3600 (g/C)}{t_c + t_d(g/C) + t_{om}} = \frac{3600 (g/C)}{t_c + t_d\left(\frac{g}{C}\right) + Z * c_v t_d} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde

B_l = capacidad de bus en el área de embarque y desembarque [bus / h]

3600 = número de segundos en 1 hora

g / C = relación de tiempo de luz verde (la razón de tiempo efectivo de luz verde para la longitud total del ciclo de la señal de tránsito, es igual a 1,0 para las calles no semaforizadas y las zonas de libre circulación)

t_c = tiempo de despeje [s]

t_d = promedio (media) del tiempo de permanencia [s]

t_{om} = margen operativo [s]

Z = variable estándar normal correspondiente a una tasa de falla deseada

c_v = coeficiente de variación de tiempos de permanencia.

En el Cuadro 8 se presenta el número máximo estimado de autobuses que pueden utilizar una zona de embarque, sobre la base de una tasa de falla del 25%, un coeficiente de variación del tiempo de permanencia del 60%, cuando no hay ninguna señal de tráfico en los alrededores, y las combinaciones de tiempos de permanencia y los tiempos de despeje mostrados.

Tiempo de Permanencia [s]	Tiempo de Despeje	
	10 s	15 s
15	116	100
30	69	63
45	49	46
60	38	36
75	31	30
90	26	25
105	23	22
120	20	20

Cuadro 8 Cap 4.3 Capacidad de Bus en Embarque y Desembarque
 <Estimación de la Máxima Capacidad de las Zonas de Embarque [bus/h]>

4.4 Capacidad de Bus en Paradas

Consideraciones de diseño y ubicación

Una parada de autobús es un lugar donde los autobuses se detienen para cargar y descargar pasajeros y consta de una o más zonas de embarque. La capacidad en las zonas de paradas de autobuses está relacionado con la capacidad de los autobuses en las zonas de embarque individuales en la parada, el número de áreas embarque provista, y el diseño de las zonas de embarque. Además, las señales de tráfico cerca de puede afectar el número de autobuses que entra o sale de la parada.

El número de zonas de embarque provistas siempre debe ser suficiente para acomodar el número de autobuses programado para el uso de la parada. Sin embargo, la longitud de un calle, la ubicación de las calzadas, y / o la necesidad de

mantener aparcamientos en la calle puede restringir el tamaño de la parada de autobús.

Parada de autobús *Off-line*(es decir, cuando el autobús se detiene fuera del flujo de tráfico) proporcionan una capacidad superior en relación con parada de bus *on-line*, cuando cuatro o más zonas de embarque son provistas. Paradas de autobús *On-line*, proporcionan una capacidad superior al bus cuando una o dos áreas de embarque están presentes. Los dos tipos de paradas ofrecen capacidades similares cuando tres áreas de embarque están disponibles. Debido a los retrasos incurridos cuando los autobuses intentan re-entrar en el tráfico y el efecto acumulativo de estos retrasos afecta en el funcionamiento de la velocidad y el tiempo de viaje. Muchas agencias de tránsito tienden a evitar el uso de paradas off-line, excepto cuando el límite de velocidad en la calle es relativamente alto (por ejemplo, mayor de 40 a 45 mph o 60 a 70 km/h).

Paradas de autobús On-Street o En la calle, se encuentran normalmente en la acera dentro de una de las tres localidades:

- (1) *lado cercano*, cuando el autobús se detiene justo antes de una intersección,
- (2) *lado lejano*, cuando el autobús se detiene inmediatamente después de una intersección, (3) *a mitad de cuadra*, cuando el autobús se detiene en medio de la cuadra entre las intersecciones.

Bajo ciertas circunstancias, como cuando comparten los autobuses una parada de tranvías en el centro de la calle, también puede estar ubicado en una isla de embarque en lugar de la acera.

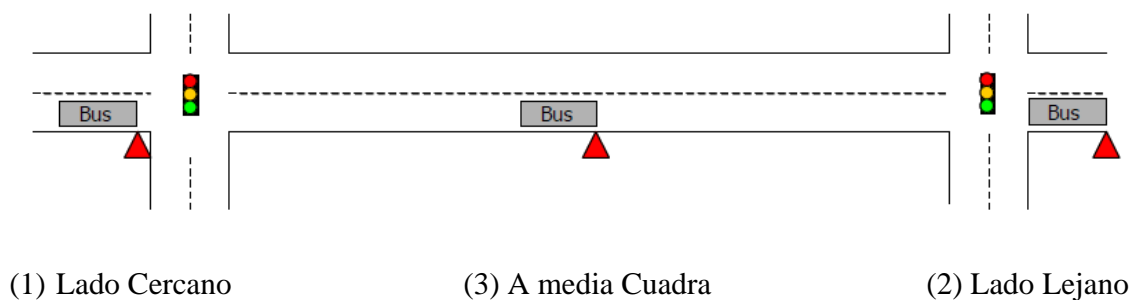


Gráfico 4 Cap 4.4 Capacidad de Bus en Paradas

<Locaciones de Paradas de Bus On-line>

Las paradas de autobuses especiales a veces se encuentran a lo largo de las autopistas, por lo general en las vías de intercambios o en accesos en paralelo. Estas paradas se utilizan para reducir los tiempos de viaje en autobús, eliminando los retrasos asociados con la salida y re-entrada a las autopistas. Las paradas de autopista deben estar ubicadas lejos de los carriles principales y con carriles de aceleración y desaceleración adecuados. Para tener éxito en éste tipo de paradas, el buen diseño del acceso peatonal hacia la parada es fundamental.³³

Paradas de Autobús Off-Street o Fuera de la Calle, tanto como los centros de tránsito y terminales intermedias, son a menudo diseñadas en base a otros factores diferentes de la capacidad, incluida la capacidad para escalas y la

³³ Edwards, Jr., John D. (editor), Transportation Planning Handbook, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ (1992).

separación de un gran número de rutas para que los pasajeros puedan encontrar fácilmente los autobuses deseados.

La ubicación de la parada influye en la capacidad, sobre todo cuando los demás vehículos pueden hacer giros a la derecha desde el carril de la acera (que es típico, a excepción de ciertos tipos de carriles exclusivos y cuando una señalización en la calle de un solo sentido se utiliza).

Las paradas en el lado lejano logran tener el menor efecto sobre la capacidad (siempre y cuando los autobuses son capaces de evitar las colas de derecho de giro en la intersección), seguido de las paradas a mitad de cuadra, y las de lado cercano.

Sin embargo, la capacidad del vehículo no es el único factor que debe tenerse en cuenta al elegir el lugar de la parada de autobús. Potenciales conflictos con otros vehículos que operan en la calle, la posibilidad de transferencia, las distancias de pasajeros a pie, frecuencia de la señal, la ubicación en la calzada, obstrucciones físicas, y la posibilidad de aplicación de medidas de tránsito preferenciales también deberán ser considerados.

Por ejemplo, las paradas de lado cercano son a menudo preferibles cuando el estacionamiento de vehículos está disponible, ya que los autobuses desde que pueden utilizar la intersección donde la zona de aparcamiento está disponible los vehículos se restringen de utilizar. Las paradas de lado cercano son deseables en los autobuses que necesitan girar a la derecha, mientras que ahora las paradas de

lado lejano son deseables cuando los autobuses hacen giros a la izquierda. En las intersecciones con calles de sentido único, tanto las oportunidades de transferencia como el tráfico deben ser tomados en cuenta.

Paradas a Media Cuadra normalmente sólo se utilizan en los generadores principales de pasajeros o donde el espacio es insuficiente en las intersecciones adyacentes. El número de pasajeros se cruzarán la calle para llegar o a una parada de autobús a mitad de cuadra debe ser cuidadosamente considerado.

En el Cuadro 9 compara las ventajas y desventajas de cada tipo de lugar parada de autobús. Directrices adicionales para la distancia, la ubicación y el diseño geométrico de las paradas de autobús se encuentran en TCRP Informe 19³⁴. Estas normas deben aplicarse con cuidado para garantizar tanto un buen tráfico como operaciones de tránsito.

Tipo de Parada	Ventajas	Desventajas
Lado Lejano	<ul style="list-style-type: none"> • Minimiza los conflictos entre los vehículos y autobuses en los giros a la derecha • Proporciona mayor capacidad de hacer carriles para frenado del tráfico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Podría dar lugar a tráfico en espera en la intersección cuando un autobús se detiene en el carril de circulación • Podría aumentar la distancia de

³⁴Texas Transportation Institute, TCRP Report 19: Guidelines for the Location and Design of Bus Stops, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1996). http://gulliver.trb.org/publications/tcrp/tcrp_rpt_19-a.pdf

	<ul style="list-style-type: none"> • Minimiza los problemas de visión en los enfoques de intersección • Puede fomentar que los peatones crucen por detrás del autobús, dependiendo de la distancia desde la intersección • Crea distancias más cortas de desaceleración para los autobuses, ya que la intersección se puede utilizar para desacelerar • Los autobuses pueden tomar ventaja de las deficiencias en el flujo de tráfico creados en las intersecciones semaforizadas • Facilita la operación con señal de prioridad para buses, los autobuses pueden pasar por la intersección antes de detenerse 	<p>visibilidad para en el cruce de vehículos que cruzan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puede aumentar los problemas de vista a distancia para los peatones que cruzan • Puede causar que un autobús al detenerse en una parada de lado lejano en un semáforo en rojo, interfiera con las operaciones de autobús y el resto del tráfico • Puede aumentar el número de choques por alcance ya que los conductores no pueden esperar que los autobuses vuelvan a parar de nuevo después de parar en un semáforo en rojo
Lado Cercano	<ul style="list-style-type: none"> • Minimiza las interferencias cuando el tráfico es pesado en el lado lejano de la intersección • Permite a los pasajeros acceder a los 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta el conflicto con vehículos que giran a la derecha • Puede dar lugar a los autobuses

	<p>autobuses cerca del cruce de peatones.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ancho de intersección disponible para que el bus deje la acera • Elimina la posibilidad de detener doble parada • Permite a los pasajeros subir y bajar cuando el autobús se detiene por la luz roja • Permite al conductor para mirar tráfico proveniente, incluyendo otros autobuses con potenciales pasajeros. 	<p>obstruyan dispositivos de control de tráfico ya los peatones que cruzan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puede causar la disminución de la distancia de visibilidad al obstruirse cuando los vehículos se detienen a la derecha del bus. • Aumenta los problemas de visión de los peatones que cruzan • Complica la señal de operación de prioridad del bus, puede reducir la eficacia o que requiera un salto especial de la cola si la parada se encuentra en el carril de estacionamiento o de un carril de la derecha
A mitad de cuadra	<ul style="list-style-type: none"> • Minimiza los problemas de la visión para vehículos y peatones • Puede dar lugar a zonas de espera de viajeros produciendo una menor 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere una distancia adicional de las restricciones de no-estacionamiento • Alienta a los pasajeros a

	congestión de peatones.	cruzarla calle por la mitad de cuadra • Aumenta la distancia de caminata de los pasajeros que cruzan en las intersecciones
--	-------------------------	---

Cuadro 9 Cap 4.4 Capacidad de Bus en Paradas

<Cuadro Comparativo de la Paradas de Bus On-Street>

Eficacia parada de autobús

Parece lógico que mientras más zonas de embarque que están disponibles en una parada de autobús, habrá mayor capacidad en la parada de autobús, porque más autobuses serán capaces de embarcar y desembarcar pasajeros de forma simultánea. Sin embargo, algunos diseños son más eficientes que otros en adición a la capacidad. En las paradas Off-street (fuera de la calle) las zonas de embarque se dividen en las cuatro categorías generales descritos en el Gráfico 5: lineal, diente de sierra, de pasada, y en ángulo. Las últimas tres categorías no son lineales zonas de carga, y sus diseños permiten a los autobuses entrar y salir de las áreas de carga de forma independiente el uno del otro. Los diseños no lineales son completamente efectivos: duplican el número de zonas de embarque, duplican la capacidad de la parada de autobuses total. La total eficacia resulta de la independencia de los autobuses de poder moverse independientemente uno del otro. Además, los autobuses suelen ser asignados a una zona de embarque

especialmente cuando un diseño no lineales utilizado, y no existe el retraso que se produce con los pasajeros caminando por la línea de autobuses, cuando un autobús llega detrás de otros. Los diseños no lineales rara vez se ven en la calle, excepto en paradas On-Street (en la calle) de centros de tránsito y transferencia

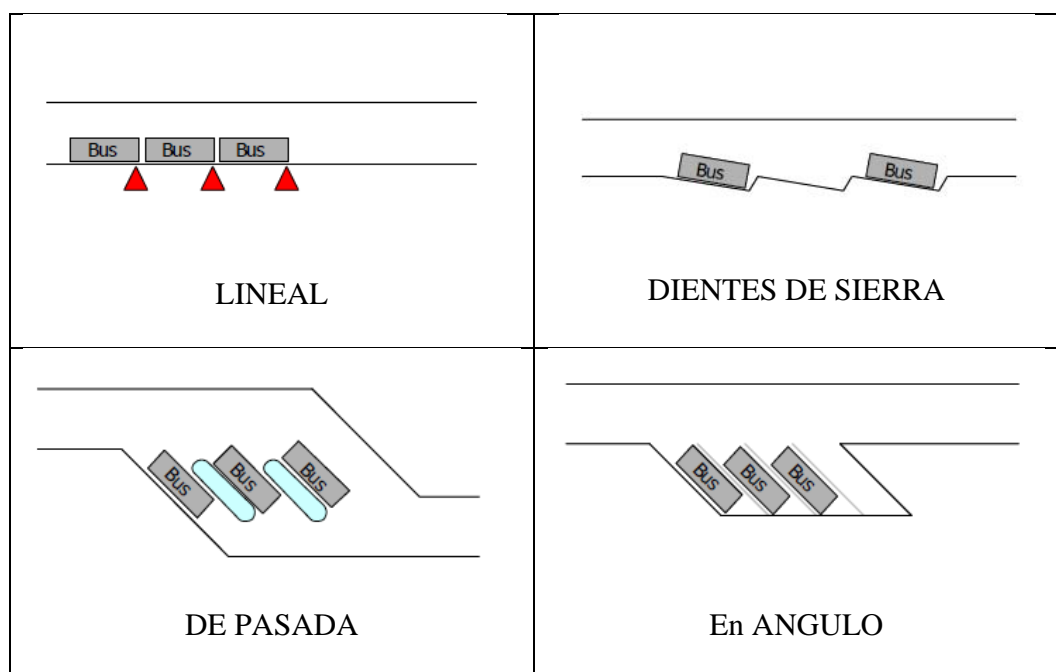


Gráfico 5 Cap 4.4 Capacidad de Bus en Paradas

<Tipos de diseño de paradas de bus>

La gran mayoría de las paradas On-Street (en la calle) son paradas lineales, donde el primer bus que arriba y llega ocupa la zona de embarque en primer lugar, el segundo autobús ocupa la zona de embarque en segundo lugar, y así sucesivamente. Cada área

adicional de embarque lineal disponible será menos eficaz que el anterior por tres razones:

1. Las zonas de embarque trasera se usa con menos frecuencia que el área de la primera área de embarque.
2. Sin saber en qué zona de embarque el autobús se detendrá, los pasajeros tienden a caminar por la línea de autobuses para llegar a un autobús que se detiene en una de las zonas de embarque trasera. Esta caminata toma más tiempo que si el autobús se detiene en donde los pasajeros ya estaban esperando. Como resultado, para un mismo volumen de embarque, el tiempo de permanencia de los autobuses que utilizan las zonas de embarque trasera será más largo que el tiempo de permanencia de los autobuses que utilizan las zonas de embarque frontal.
3. Dependiendo de cuán cerca los autobuses se detengan detrás del autobús en frente, y la habilidad de pasarse unos a otros, un autobús no puede ser capaz de salir de su zona de embarque hasta que el autobús en frente de ella se aleja.

El aumento progresivo de la capacidad ofrecida por cada zona de embarque adicional en una parada de autobús depende de si las zonas de embarque se encuentran on-line u off-line, así como sobre las características de la llegada de los autobuses que utilizan la parada. Las observaciones de campo indican que las zonas lineales de carga se utilizan de manera más eficiente cuando los autobuses entran y salen de éstas como pelotones. Estos son grupos de 2 a 3 autobuses con similares tiempos de permanencia (o, al menos, los tiempos de permanencia lo suficientemente cortos como para ser completados al

momento que una señal de tráfico se pone verde) que se desplazan por la calle juntos. Los pelotones se pueden formar por las señales de tráfico o de forma intencionada en la programación de los grupos de autobuses para arrancar una ruta juntos. (Esto requiere un área de estacionamiento cerca de los lugares donde la mayoría de los pasajeros abordan.)

El Cuadro 10 proporciona los factores de eficiencia para las zonas de embarque off-line, las zonas de embarque on-line utilizado por los autobuses en pelotón, y zonas de embarque on-line utilizada por autobuses que llegan al azar. Los factores de eficiencia en el área de embarque off-line determinada en el Cuadro 10 se basan en la experiencia de la Autoridad Portuaria de Nueva York y la terminal de autobuses Midtown de Nueva Jersey³⁵. Los factores de eficiencia de embarque on-line se basan en la simulación y la experiencia europea³⁶³⁷. El Cuadro 10 sugiere que cuatro o cinco zonas de embarque lineales tienen la eficacia equivalente de no más de tres zonas de carga. Hay que tener en cuenta que para proporcionar “dos paradas eficaces” en las zonas de embarque on-line, tres zonas de embarque físicamente tendrían que proveerse, ya que las áreas de embarque parcial no se construyen. Una vez más, hay que señalar que el Cuadro 10 se aplica sólo a las zonas de embarque lineales. Todos los demás tipos de zonas de embarque múltiple son 100% eficientes, el número de zonas de embarque efectivas es igual al número de zonas de embarque físicamente disponible.

³⁵ Levinson, H.S., C.L. Adams, and W.F. Hoey, *NCHRP Report 155: Bus Use of Highways—Planning and Design Guidelines*, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1975).

³⁶ St. Jacques, Kevin and Herbert S. Levinson, *TCRP Research Results Digest 38: Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials: Application and Refinement*, TRB, National Research Council, Washington, DC (2000).
http://gulliver.trb.org/publications/tcrp/tcrp_rrd_38.pdf

³⁷ Kohler, U., “Capacity of Transit Lanes,” *Proceedings of the International Symposium on Highway Capacity*, Karlsruhe, Germany (1991).

	Zonas de Embarque On-Line				Zonas de Embarque Off-line	
	Arribos randómicos		Arribos en Pelotón		Todos los arribos	
Área de Embarque N°	Eficiencia %	N° De Zonas de Embarque efectivas acumuladas	Eficiencia %	N° De Zonas de Embarque efectivas acumuladas	Eficiencia %	N° De Zonas de Embarque efectivas acumuladas
1	100	1.00	100	1.00	100	1.00
2	75	1.75	85	1.85	85	1.85
3	70	2.45	80	2.65	80	2.65
4	20	2.65	25	2.90	65	3.25
5	10	2.75	10	3.00	50	3.75

Cuadro 10 Cap 4.4 Capacidad de Bus en Paradas

<Eficiencia de la Zona de Embarque Múltiple Lineal para una parada de Bus>

El Gráfico 6 proporciona una ilustración del efecto de disminución en la capacidad total parada de autobús por la adición de más zonas de embarque lineal. Se muestra la capacidad de parada de autobús on-line para un seleccionado tiempo de permanencia y relación g / C , en base a un tiempo de despeje de 10 segundos y las arribos al azar. Aumentar el número de zonas de embarque lineal tiene un efecto mucho menor sobre los cambios en la capacidad que en la reducción de tiempos de permanencia. Hay que tener

en cuenta que para los tiempos de permanencia superior a 60 segundos, las diferencias entre g / C de 0.5 y 1.0 son pequeños.

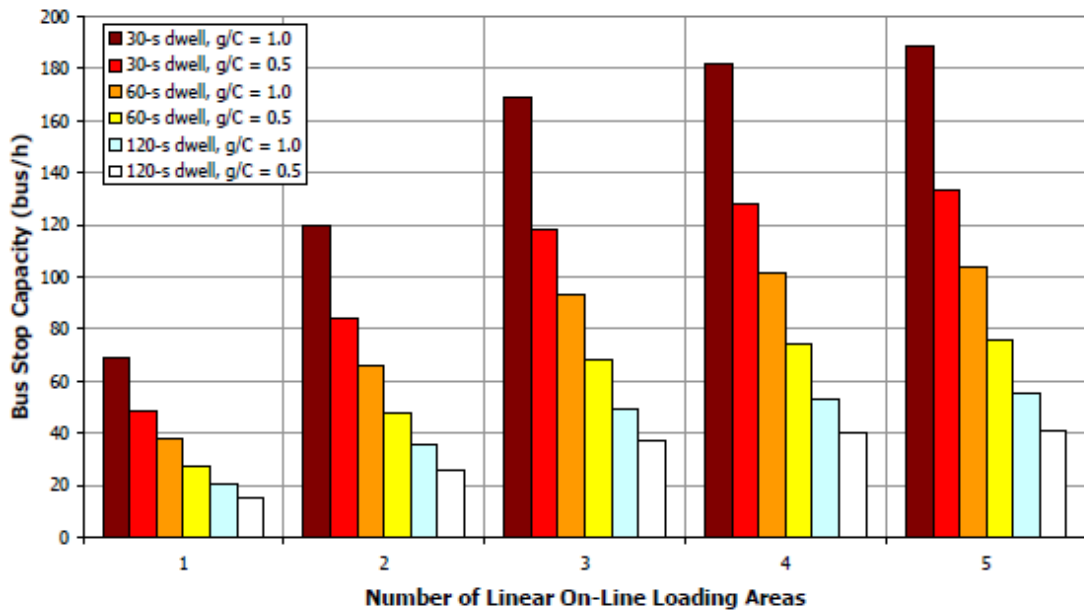


Gráfico 6 Cap 4.4 Capacidad de Bus en Paradas

< Las contribuciones relativas de tiempo de espera, relación g / C , y el número de áreas de embarque para la capacidad en la parada de autobús >

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

La capacidad de una parada de autobús por hora es

$$B_s = N_{el} B_l = \frac{3600 (g/C)}{t_c + t_d(g/C) + Z_{c_v} t_d}$$

Ecuación 7

Donde=

B_s = capacidad de la parada de autobús [bus / h]

B_l = capacidad individual de la zona de embarque del bus [bus / h]

N_{el} = número de zonas de embarque efectivas, del Cuadro 9

3600 = número de segundos en 1 hora

g / C = relación de tiempo de luz verde (la razón de tiempo efectivo de luz verde para la longitud total del ciclo de la señal de tránsito, es igual a 1,0 para las calles no semaforizadas y las zonas de libre circulación)

t_c = tiempo de despeje [s]

t_d = promedio (media) del tiempo de permanencia [s]

Z = variable estándar normal correspondiente a una tasa de falla deseada

c_v = coeficiente de variación de tiempos de permanencia

Tiempo de Permanencia [S]	Número de Zonas de Embarque On-Line Lineales									
	1		2		3		4		5	
	g/C	g/C	g/C	g/C	g/C	g/C	g/C	g/C	g/C	g/C
	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00
30	48	69	84	120	118	169	128	182	133	189
60	27	38	48	66	68	93	74	101	76	104
90	19	26	34	46	48	64	52	69	54	72
120	15	20	26	35	37	49	40	53	41	55

Cuadro 11 Cap 4.4 Capacidad de Bus en Paradas

<Estimación de la Capacidad Máxima de una parada de bus on-line [bus/h]>

El Cuadro 11 ofrece una capacidad máxima estimada de las paradas de autobús On-Line lineales, para varios números de zonas de embarque, tiempos de permanencia, y las relaciones g / C.

4.5 Capacidad de Bus en zonas de Libre Circulación

La capacidad del autobús en la zona de libre circulación depende en gran medida la exclusividad de la instalación, la menor interferencia que los autobuses tienen respecto del resto del tráfico, mayor es la capacidad.

En donde los autobuses no hacen paradas a lo largo de una zona de circulación, la capacidad del autobús se verán limitados por (1) la capacidad de las zonas de circulación, antes o después de la sección non-stop, o (2) la capacidad de un centro de terminal de tránsito, donde los autobuses arriban. Para todo tipo de zonas de circulación, la capacidad de la instalación se determina en gran medida por la capacidad del bus

crítico para dejar de la parada de autobús que produce el mayor retraso entre los buses. Por lo general, esta es la parada más larga con el tiempo de permanencia, pero también podría ser, por ejemplo, una parada después de una vuelta a la izquierda señalizada (con el tiempo verde y relativamente baja siempre a la vuelta a la izquierda), o cerca de una parada a lado con grandes volúmenes de giro a la derecha.

4.6 Planificación Aplicada

4.6.1 Generalidades

Este capítulo consta de dos secciones principales. La primera sección presenta las directrices para la aplicación de muchos de los tratamientos preferenciales de tránsito.

La segunda sección, proporciona planificación a nivel de las capacidades para los diversos tipos de paradas de autobús y las zonas de libre circulación

Las directrices de planificación que se presentan en este capítulo se basan en experiencias con aplicaciones específicas y los estudios previos sobre la eficacia de determinados tipos de tratamientos de tránsito preferencial. Las directrices indican los rangos típicos de pasajeros, autobús, y / o volúmenes de vehículos a motor que puede sugerir la necesidad de ciertos tipos de mejoras. Este nivel de detalle puede ser utilizado para desarrollar una gama de

alternativas

adecuado para el análisis de nivel de planificación, y sólo deben estar representadas como tales.

Uno de los factores más críticos en el éxito de una medida prioritaria de tránsito es la cuidadosa planificación y diseño de mejoras de forma particularizada. Las directrices de este capítulo se centran en los distintos tipos de tratamientos. Sin embargo, se destaca que una de las formas de maximizar la eficacia de un programa prioritario de tránsito es mediante la aplicación de toda una serie de actividades complementarias.

Zonas de libre circulación sin interrupción de flujo

Consideraciones de ámbito político y el costo por lo general determinan el límite inferior para el volumen de autobuses que garantizan tratamientos para carril exclusivos de buses o carril exclusivos de autopista para HOV (high occupancy vehicle / vehículo de alta ocupación). Umbrales más bajos de vehículos se pueden esperar, y son generalmente aceptados, tanto con carriles exclusivos de buses así como con los carriles HOV, sin embargo, el umbral mínimo del vehículo puede ser mayor en un corredor muy congestionado que en una con menores niveles de congestión. Los no-usuarios en áreas muy congestionadas pueden ser mucho más notorios en la percepción de los usuarios sobre una zona de libre circulación ya que la consideran infrautilizado no así en un corredor donde la congestión no se encuentra en niveles graves. Siempre que se

considere proporcionar carril exclusivo de bus o HOV, las percepciones de los viajeros y al público, así como las condiciones locales únicas, se deberán considerar en el desarrollo de los umbrales mínimos de operación.³⁸

El Cuadro 12 presenta típicos umbrales mínimos de operación en autopista en el carril de HOV en vehículos por hora por carril, con base en la experiencia de EE.UU... Estos umbrales de equilibran el número de personas que utilizan el carril con el costo de la construcción del carril.

Tipo de Zona de libre circulación	Umbral mínimo de operación (veh / h / carril)
Derecho de vía separado, HOV	800-1000
Autopista, exclusivo bidireccional	400-800
Autopista, exclusivo reversible	400-800
Autopista, flujo concurrente	400-800
Autopista, contraflujo de HOV	400-800
HOV carriles de cola en bypass	100-200

Cuadro 12 Cap 4.6 Planificación Aplicada

<Umbrales mínimos de operación de Carriles de buses y carriles HOV>

NOTA: Los volúmenes incluyen autobuses y vehículos privados que son HOV.

³⁸Pratt, Richard H., Texas Transportation Institute, Cambridge Systematics, Inc., Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Inc., SG Associates, Inc., and McCollum Management Consulting, Inc., TCRP Web Document 12: Traveler Response to Transportation System Changes: Interim Handbook, TRB, Washington, DC (2000).
http://gulliver.trb.org/publications/tcrp/tcrp_webdoc_12.pdf

Cuadro 13³⁹ presenta las directrices generales de planificación de carriles exclusivos y los tratamientos asociados con prioridad para autobuses autopistas. Cuadro 14^{40,41,42} se proporciona orientación sobre los efectos de estos tratamientos. Para más información sobre carriles exclusivos y la autopista directrices de planificación HOV instalación, diseño y operación, consulte el Manual de Diseño de TRB HOV.

TRATAMIENTO	VOLÚMENES MÍNIMOS DE BUSES EN HORA PICO (UN SENTIDO)	VOLÚMENES MÍNIMOS DE PASAJEROS EN HORA PICO (UN SENTIDO)	FACTORES RELACIONADOS CON USO DEL SUELO Y DE TRANSPORTE
Carriles exclusivos en derechos de paso especiales	40-60	1,600-2,400	Población urbana: 750.000; CBD empleo: 50.000, CBD Área 21,85 millones, Congestión en corredor, Ahorro de tiempo de autobuses (0,6min / km) o más.
Carriles exclusivos sin derecho de paso tipo vía libre	40-60	1,600-2,400	Vía libre en el corredor, experiencia de congestión en horas pico, Ahorro de tiempo de

³⁹ Levinson, H.S., C.L. Adams, and W.F. Hoey, NCHRP Report 155: Bus Use of Highways—Planning and Design Guidelines, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1975).

⁴⁰ Fuhs, Charles A., NCHRP Synthesis of Highway Practice 185: Preferential Lane Treatments for High-Occupancy Vehicles, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1993).

⁴¹ Pratt, Richard H., Texas Transportation Institute, Cambridge Systematics, Inc., Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Inc., SG Associates, Inc., and McCollum Management Consulting, Inc., TCRP Web Document 12: Traveler Response to Transportation System Changes: Interim Handbook, TRB, Washington, DC (2000). http://gulliver.trb.org/publications/tcrp/tcrp_webdoc_12.pdf

⁴² St. Jacques, Kevin and Herbert S. Levinson, TCRP Report 26: Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1997). http://gulliver.trb.org/publications/tcrp/tcrp_rpt_26-a.pdf

			autobuses (0,6min / km) o más.
Carriles exclusivos en ferrocarriles	40 - 60	1,600-2,400	Potencialmente no tan bien situado en relación al área de servicio. Estaciones son necesarias.
Carril de bus libre, flujo normal	60 - 90	2,400-3,600	El ahorro de tiempo de pasajeros debe exceder el retraso de otros usuarios de la vía. Normalmente se logra mediante la adición de un carril. Ahorro de tiempo de autobuses (0.6 min / km) o más.
Carril de bus libre, contra flujo	40-60	1,600-2,400	Autopistas con seis o más carriles. Desequilibrio en el volumen de tráfico permite los viajes en contraflujo Ahorro de tiempo de autobuses (0.6 min / km) o más.
Carril de bus no pasa por plazas de peaje	20-30	800-1200	Adecuada área de embarque sobre las proximidades del peaje, por lo que el acceso al carril bus no es bloqueado.
Acceso exclusivo al bus q carriles no reservados de autopista o carriles arterial	10-15	400-600	
Carril de derivación	10-15	400-600	Superficie ruta alternativa

de bus en rampa de autopista			la calle disponible para el tráfico medido. Autobuses expresos salen a las autopistas realizar paradas intermedias.
Paradas de autobús a lo largo de autopistas	5-10	50-100*	Por lo general siempre hay en el nivel de la calle de superficie en relación con el de la rampa.

Cuadro 13 Cap 4.6 Planificación Aplicada

<Directrices generales para la planificación de los tratamientos preferenciales Bus: Servicio ininterrumpido flujo>

* Abordando o descendiendo pasajeros en la hora pico

(CBD) Distrito Central de Negocios - definido por la Oficina del Censo, un área de alta valoración de la tierra (plusvalía), se caracteriza por una alta concentración de comercios minoristas, empresas de servicios, oficinas, hoteles y teatros, así como por un flujo de alto tráfico. CBD se obtiene únicamente en las ciudades centrales y ciudades con poblaciones de 50.000 habitantes o más.

TRATAMIENTO	MEJORAS EN EL TIEMPO DE VIAJE	IMPACTOS EN RETRASOS DE PERSONAS	CONSIDERACIONES ADICIONALES
Carriles exclusivos	hasta el 10%; varía en función de la ruta y otros detalles de diseño	Mínimos a importantes, dependiendo del proyecto	Las aplicaciones pueden incluir tecnologías especiales de detección de autobuses que distingue a los autobuses del tráfico general
Carriles HOV	hasta un 20% ; varía en los viajes fuera	Significativos, dependiente de la aplicación	

	del sentido		
Carriles bus libres	3-15% del total del tiempo de viaje, Hasta 75% de retraso	Mínimo a importantes, depende en gran medida de la estrategia y ubicación	Mejoras en el tiempo de viaje están función de la demora existente.
Carril bypass de bus	Hasta 20%, Hasta 90% de los retrasos en rampa	Potencialmente significativos	Las posibles interrupciones en la cola Necesidades de almacenamiento en las rampas.

Cuadro 14 Cap 4.6 Planificación Aplicada

<Directrices generales de Planificación de los Efectos de los tratamientos preferenciales de Bus: Servicio ininterrumpido flujo>

Zonas de libre circulación con flujo interrumpido

Calles de la Ciudad

Las líneas de buses se han previsto en las vías urbanas mediante la adición de carriles, el desarrollo de carriles de contra flujo, y la conversión de los brazos de carretera para el uso del autobús. Varios estudios ofrecen una guía para identificar los factores que pueden determinar el lugar en que los carriles bus pueden ser apropiados.⁴³

Estos factores incluyen

- La congestión,

⁴³St. Jacques, Kevin and Herbert S. Levinson, *TCRP Report 26: Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials*, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1997). http://gulliver.trb.org/publications/tcrp/tcrp_rpt_26-a.pdf

- Ahorro de tiempo de viaje,
- Caudal de Personas,
- Caudal de Vehículos,
- Apoyo a los organismos locales,
- Aplicabilidad, y
- Las características físicas de vía o carretera.

Las políticas y las consideraciones de costos generalmente establecen el límite inferior para el volumen de autobuses que garantiza los tratamientos de prioridad en las calles arteriales, mientras que la capacidad del bus establece el límite superior. Un estudio de las operaciones de autobuses de Manhattan recomienda el máximo deseable siguientes volúmenes de buses en hora pico en horas de la mañana horas en calles arteriales para carriles bus de líneas de calles arteriales:⁴⁴

- Dos carriles exclusivamente para autobuses: 180
buses/ h;
- Un carril exclusivo para autobuses, el uso parcial de carriles adyacentes: 100
buses / h;

⁴⁴Levinson, H.S., L. Lennon and J. Cherry. Downtown Space for Buses—The Manhattan Experience. In *Transportation Research Record 1308*, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1991).

- Un carril exclusivo para autobuses, sin el uso de carriles adyacentes: 70
buses / h,
- Los autobuses en el carril de acera en tráfico mixto: 60
buses / h.

Cuadro 15^{45,46} presenta las directrices generales de planificación de tratamientos de prioridad para autobuses en las calles arterial. Una comparación de los volúmenes de personas en los autobuses operando en el tráfico mixto vs volúmenes de personas en otros vehículos que operan en la calle también se puede utilizar para ayudar a decidir cuándo debe dedicar uno o más carriles para el uso exclusivo de autobuses

⁴⁵ Levinson, H.S., C.L. Adams, and W.F. Hoey, *NCHRP Report 155: Bus Use of Highways—Planning and Design Guidelines*, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1975).

⁴⁶ Texas Transportation Institute, Parsons Brinckerhoff Quade and Douglas, Inc., and Pacific Rim Resources, Inc., *NCHRP Report 414: HOV Systems Manual*, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1998).

TRATAMIENTO	VOLÚMENES MÍNIMOS DE BUSES EN HORA PICO (UN SENTIDO)	VOLÚMENES MÍNIMOS DE PASAJEROS EN HORA PICO (UN SENTIDO)	FACTORES RELACIONADOS CON USO DEL SUELO Y DE TRANSPORTE
Calles autobús o Centros Comerciales	80-100	3,200-4,000	Comercialmente orientada hacia la fachada
CDB carriles de bus de acera, calle principal	50-80	2,000-3,200	Comercialmente orientada hacia la fachada
Carriles de acero de bus, flujo normal	30-40	1,200-1,600	Por lo menos dos carriles disponibles para el tráfico de otros en la misma dirección.
Carriles de bus medianos	60-90	2,400-3,600	Por lo menos dos carriles disponibles para el tráfico de otros en la misma dirección, Capacidad de separar los conflictos de giro de los vehículos de los autobuses.
Carriles de contra flujo de autobuses, segmentos cortos	20-30	800-1,200	Permite a los autobuses continuar por la ruta normal, giros, anular la congestión en las proximidades de un puente.
Carriles de contra flujo de autobuses, extendida	40-60	1,600-2,400	Por lo menos dos carriles disponibles para el tráfico de otros en la dirección contraria. Señalización superior a intervalos (150 m) de distancia

Cuadro 15 Cap 4.6 Planificación Aplicada

**<Directrices generales para la planificación de los tratamientos preferenciales Bus:
calles de la ciudad>**

4.6.2 Operaciones y Capacidad de Buses en Calles Arteriales

INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta las metodologías para el análisis de la operación de los autobuses que utilizan calles arteriales y carriles exclusivos en las calles. Las principales características de estas zonas de circulación es tener por lo menos un carril reservado para uso exclusivo de autobuses (excepto, posiblemente, en las intersecciones), y el flujo interrumpido (por ejemplo, señales de tráfico, señales de stop, etc.)

Carriles exclusivos que tienen las señales de tránsito ubicadas a lo largo de ellas se analizarán los procedimientos de este capítulo.

TIPOS DE CARRILES DE BUS

Existen varios tipos de exclusivos carriles de bus. Los procedimientos de la capacidad utilizada en este capítulo se definen tres tipos de carriles de bus, con base en la disponibilidad de la calle adyacente a los autobuses para pasar unos a otros. El Cuadro 16 ilustra y describe cada tipo de vía.

<p>TIPO 1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Los autobuses no tienen uso de carriles adyacentes • Carriles en contraflujo • Carriles Físicamente canalizados mediante conos reflectivos
<p>TIPO 2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Los autobuses tienen un uso parcial de la calle adyacente, en función de otro tipo de tráfico • Los giros a la derecha de los demás vehículos pueden o no pueden ser prohibidos
<p>TIPO 3</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Los autobuses tienen un uso completo de la calle adyacente • El giro a la derecha es prohibido (excepto autobuses) • Incluye en el carril de autobús con líneas simples, y carriles de adelantamiento en las paradas

Cuadro 16 Cap 4.6 Planificación Aplicada

<Tipos de Carriles de bus>

CAPACIDAD DE BUS

La capacidad del autobús en un carril de calle arterial, depende de varios factores:

- La capacidad del autobús de la parada crítica(s) de autobús a lo largo del carril,
- El tipo de carril bus,
- Se utilicen o no la omisión de las paradas,
- Se movilicen o no los autobuses a lo largo del carril en pelotones,
- La relación de volumen - capacidad del carril adyacente (para carriles Tipo 2), y
- Las paradas de autobús y giros a la derecha volúmenes realizados desde el carril bus.

Si no hay procedimientos especiales de operación, tales como omitir las paradas, prohibición de girar a la derecha de los vehículos de tránsito, entonces la capacidad del carril de bus es simplemente la capacidad del autobús de la parada crítica lo largo del carril de bus. Sin embargo, cuando si se utilicen procedimientos especiales, los ajustes deben hacerse a esta capacidad base, como se describe en las secciones siguientes.

DEMORAS DE TRÁFICO POR GIROS A LA DERECHA

Giros a la derecha generan en el tráfico competencia con los autobuses por un espacio en una intersección. Este tráfico generalmente gira desde el carril de bus, aunque en algunos casos, como en Houston, algunos giros a la derecha se hacen desde el carril adyacente. Los giros a la derecha pueden generar cola detrás de los autobuses en una parada de lado cercano para realizar el giro. Por el contrario, hacer girar el tráfico puede bloquear o pre-adelantarse a la señal verde de ellos. La interferencia del giro a la derecha del tráfico en las operaciones de autobuses puede ser magnificado por los significativos volúmenes de peatones que cruzan e impiden los movimientos de giro a la derecha. La ubicación de la parada de autobús en la intersección, de lado cercano, lado lejano o mitad de la cuadra también pueden influir en la cantidad de retraso inducido, y lo impuesto por el tráfico de giro a la derecha.

Los conflictos entre los autobuses y los giros a la derecha es mayor cuando hay una parada del lado cercano y los autobuses no pueden utilizar libremente el carril bus. Automóviles girando a la derecha pueden bloquear el acceso a la parada de autobús, por el contrario, los autobuses de embarque o desembarque de pasajeros en una señal verde pueden bloquear giros a la derecha. La cantidad de interferencia disminuye a medida que la distancia entre la línea de parada y parada aumenta. Paradas de lados lejanos o mediados de cuadra, minimizan los efectos de giros a la derecha sobre la velocidad del bus, cuando los autobuses pueden usar el carril adyacente. Colocar las paradas en los lugares donde no hay giros a la derecha puede minimizar los impactos. Giros a la

derecha del tráfico en general suelen ser prohibidas cuando los carriles de bus doble o contra flujo se utilizan.

Así como giros a la derecha a través de los carriles de bus retrasan a los autobuses a lo largo de las calle arteriales, los peatones utilizando los cruces peatonales paralelos al carril de bus demoran a los vehículos que giran a la derecha. Esto, a su vez, se traduce en aumento de los retrasos de los autobuses en el carril bus. Los retrasos introducidos por los peatones se concentran en el comienzo del intervalo de luz verde para el movimiento del autobús en la calle arterial, cuando los grupos de la cola de los peatones caminan fuera del paso de la acera.

Al cruzar o utilizar el espacio en el carril bus para ejecutar a un giro, hace que los vehículos que giran reduzcan la capacidad del carril del bus usando una parte del tiempo de luz verde, a disposición de los autobuses. Por lo tanto, la capacidad carril de bus se acercará con mayor rapidez cuando se producen giros a la derecha. Para los volúmenes de autobús a menos de la mitad de la capacidad de carril de bus, en general hay poco impacto en la capacidad de carril de bus o la velocidad cuando existe un moderado volumen de giros a la derecha, a menos que los volúmenes peatonales son muy pesados. Una estimación de la planificación a nivel de la capacidad del vehículo con giros a la derecha se proporciona en el Cuadro 17

Volumen peatones En conflicto [peat/h]	Relación g/C para carriles de bus					
	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60

0	510	580	650	730	800	870
100	440	510	580	650	730	800
200	360	440	510	580	650	730
400	220	290	360	440	510	580
600	70	150	220	290	360	440
800	0	0	70	150	220	290
1000	0	0	0	0	70	150

Cuadro 17 Cap 4.6 Planificación Aplicada <Capacidad Vehicular de giros a la derecha para Planificación Aplicada [veh/h]>

Los efectos de giro a la derecha en la capacidad del carril de bus se pueden estimar multiplicando la capacidad del carril de bus sin giros a la derecha, por un factor de ajuste. Los valores de este factor de ajuste, f_r , puede estimarse a partir de la ecuación 8⁴⁷

$$f_r = 1 - f_l \left(\frac{v_r}{c_r} \right)$$

Ecuación 8

donde:

f_r = factor de ajuste giros a la derecha;

f_l = factor de ubicación de la parada de autobús, ver Cuadro 18;

v_r = volumen de giros a la derecha en una intersección específica [veh / h],

c_r = capacidad de los giros a la derecha en la intersección específica [veh / h].

Los valores del factor de ubicación de la parada de autobús, f_l , están mostradas en el Cuadro 18. Cuando se permite doblar a la derecha, el factor varía entre 0,5 (para una

⁴⁷St. Jacques, Kevin and Herbert S. Levinson, *TCRP Report 26: Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials*, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1997). http://gulliver.trb.org/publications/tcrp/tcrp_rpt_26-a.pdf

parada de lado lejano con el carril adyacente disponible para los autobuses) a 1,0 (para una parada lado cercano con todos los autobuses restringidos a un solo carril). Un factor de 0,0 se utiliza para el carril tipo 3, como los giros a la derecha no se les permite a ningún tipo de vehículo. Estos factores reflejan la capacidad probable de los autobuses para desplazarse por los giros a la derecha. En las intersecciones críticas en algunos carriles de bus, todos los giros podrían ser prohibidos y el retrasar las señales peatonales con el fin de mejorar la capacidad del autobús.

Ubicación de la Parada de bus	Tipo de Carril de Bus		
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Lado Cercano	1.0	0.9	0.0
A mitad de cuadra	0.9	0.7	0.0
Lado Lejano	0.8	0.5	0.0

Cuadro 18⁴⁸ Cap 4.6 Planificación Aplicada

<Factores de Ubicación de Paradas de Bus>

Operaciones de Omisión de Paradas (Skip-Stop)

Los autobuses totales por hora que pueden ser servidos por una serie de omisiones de las paradas representa la suma de las capacidades de las rutas de autobuses que utilizan cada parada, multiplicado por un factor de impedancia, f_k , lo que refleja los patrones ineficientes de llegada y los efectos de grandes volúmenes de tráfico vehicular en el carril adyacente. La ecuación 9 representa los factores que obstaculizan los autobuses la

⁴⁸ St. Jacques, Kevin and Herbert S. Levinson, *TCRP Report 26: Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials*, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1997). http://gulliver.trb.org/publications/tcrp/tcrp_rpt_26-a.pdf

plena utilización de la capacidad adicional proporcionada por las operaciones de Omisión (Skip-Stop)

$$f_k = \frac{1 + f_a f_i (N_{ss} - 1)}{N_{ss}}$$

Ecuación 9

donde:

f_a = factor de tipo de arribo, refleja la capacidad de aprovechar al máximo las paradas de autobús en una operación de Skip-Stop:

= 0,50 para los arribos al azar (pobre programación / pobre cumplimiento de horarios),

= 0,75 para las arribos típicos (imperfecto cumplimiento de horarios),

= 1,00 para las arribos ideal (autobuses viajan en grupos, como los vagones de un tren);

f_i = factor de impedancia del carril adyacente, de la ecuación 10, y

N_{ss} = número de alternancia de omisiones en secuencia.

$$f_i = 1 - 0.8 \left(\frac{v}{c} \right)^3$$

Ecuación 10

Donde:

v = volumen de tráfico en el carril adyacente [veh / h],

c = capacidad de la calle adyacente [veh / h].

Una estimación de un nivel de planificación de capacidad de carril adyacente puede hacerse multiplicando el flujo típico de saturación del carril en el centro de ciudad en un rango de 1.700 vehículos por carril por hora en verde de la relación g / C del carril de bus. Se puede utilizar para fuera del centro de la ciudad, un caudal de saturación de 1.800 veh / carril / hora en verde.

Los valores proporcionados por la ecuación 9 y la ecuación 10 resulta en la capacidad adicional con operaciones skip-stop, incluso cuando el carril adyacente está completamente utilizado por los vehículos de pasajeros, ya que no los autobuses tiempo de permanencia de cero en la parada. Cuando no hay extensión de las paradas, no hay aumento en la capacidad dictada por el carril adyacente, tal como todos los buses que deben detenerse en cada parada.

Cuadro 19 da los valores representativos del factor de ajuste de la capacidad, f_k , para distintos tipos de carril bus y los patrones de parada. Como se ha indicado anteriormente, estos valores se aplican a la suma de las capacidades en la secuencia de las paradas de autobuses. Por lo tanto, reflejan los tiempos actuales de permanencia en cada parada. Cuadro 20 presenta los factores de un carril bus de tipo 2, con paradas en

dos cuadras que se alternan. En general, los impactos de tráfico del carril adyacente sólo van a ser significativa cuando el carril opere por encima del 75% de su capacidad.

Condición	Carril Adyacente v/c	f_i	$N_{ss}-1$	f_a	f_k
Carril de Bus Tipo 1					
Paradas cada cuadra	0 a 1	0 a 1	0	0.00	1.00
Carril de Bus Tipo 2					
Paradas cada cuadra	0 a 1	0 a 1	0	0.00	1.00
Alternando 2 cuadras, Arribo al azar	0	1	1	0.50	0.75
	1	0.2*	1	0.50	0.55
Alternando 2 cuadras, Arribo típico	0	1	1	0.75	0.88
	1	0.2*	1	0.75	0.58
Alternando 2 cuadras, Arribo ideal	0	1	1	1.00	1.00
	1	0.2*	1	1.00	0.60
Carril de Bus Tipo 3					
Alternando 2 cuadras, Arribo al azar	0	1	1	0.50	0.75
Alternando 2 cuadras, Arribo típico	0	1	1	0.75	0.88
Alternando 2 cuadras, Arribo ideal	0	1	1	1.00	1.00
Alternando 3 cuadras, Arribo al azar	0	1	2	0.50	0.67
Alternando 3 cuadras, Arribo típico	0	1	2	0.75	0.83
Alternando 3 cuadras, Arribo ideal	0	1	2	1.00	1.00

* Aproximadamente

Cuadro 19 Cap 4.6 Planificación Aplicada

<Valores Típicos del Factor de Ajuste f_k , para disponibilidad de Carril Adyacente>

Carril adyacente v/c	Patrón de Arribo		
	Al Azar	Típico	Ideal
0.0	0.75	0.88	1.00
0.5	0.72	0.84	0.95
0.6	0.71	0.81	0.92
0.7	0.68	0.77	0.87
0.8	0.65	0.81	0.80
0.9	0.60	0.65	0.71
1.0	0.55	0.58	0.60

Cuadro 20 Cap 4.6 Planificación Aplicada

<Valores de Factor de Ajuste f_k , para Carril de bus Tipo 2 con Operaciones Skip-Stop Alternando 2 cuadras>

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE CAPACIDAD

Los factores de ajuste para las operaciones de omisión de paradas y el impacto de los giros a la derecha a su vez se utilizan en las siguientes ecuaciones para la estimación de la capacidad del autobús de un carril en una calle arterial calle.

Para operaciones sin omisión de paradas

$$B = B_l * N_{el} * f_r$$

Ecuación 11

Para operaciones con omisión de paradas

$$B = f_k * (B_1 + B_2 + \dots + B_n)$$

Ecuación 12

donde:

B = Capacidad del carril de bus [bus / h];

B_l = Capacidad de la zona de embarque del autobús en la parada crítica del bus [bus / h];

N_{el} = Número de zonas efectivas de embarque en la parada crítica del bus;

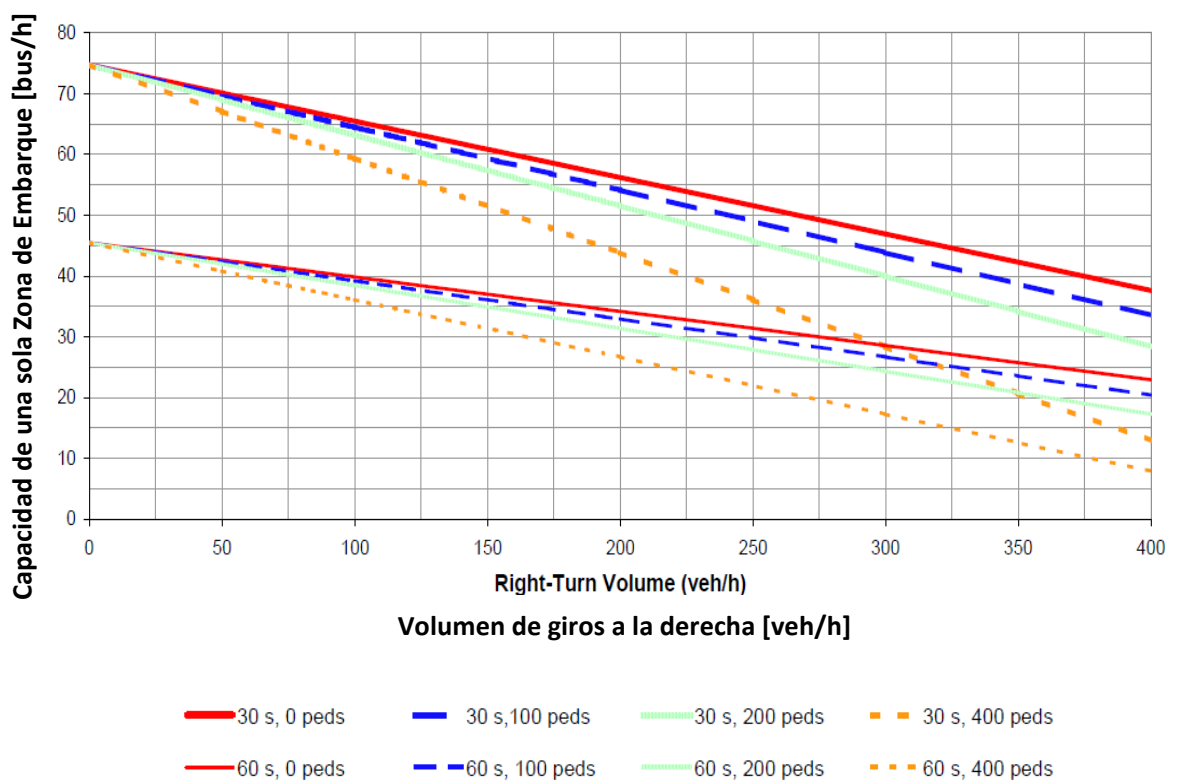
f_r = Factor de ajuste de Capacidad para giros a la derecha en la parada crítica del bus;

f_k = Factor de ajuste de Capacidad de operaciones de omisión de paradas, y

$B_1...B_n$ = Capacidades de bus de cada conjunto de rutas, en sus respectivas paradas críticas de autobús, los que usan el mismo patrón de omisión de paradas[bus / h].

La capacidad de B_1 , B_2 , y así sucesivamente utilizada en la Ecuación 12 se calculan por separado para cada conjunto de rutas que utilizan un determinado patrón de omisión de parada. Cuando se determina la parada(s) crítica (s), varias paradas de autobús pueden tener que someterse a prueba para determinar cuál de ellas controla la capacidad del carril de bus, como una parada puede tener tiempos de permanencia altos, mientras que otra puede tener altas interferencias de tráfico por giro a la derecha.

Gráfico 7 ilustra los efectos de tiempo de espera, haga bajar el volumen desde el carril bus, y los volúmenes peatonales en conflicto en la capacidad de carril bus, en base a varios tiempos de espera, haga giro volúmenes y volúmenes peatonales, así como los supuestos enumerados en la exposición.



* peds = peatones

Gráfico 7 Cap 4.6 Planificación Aplicada

<Capacidad de un carril de bus: Sin operaciones de omisión de paradas>

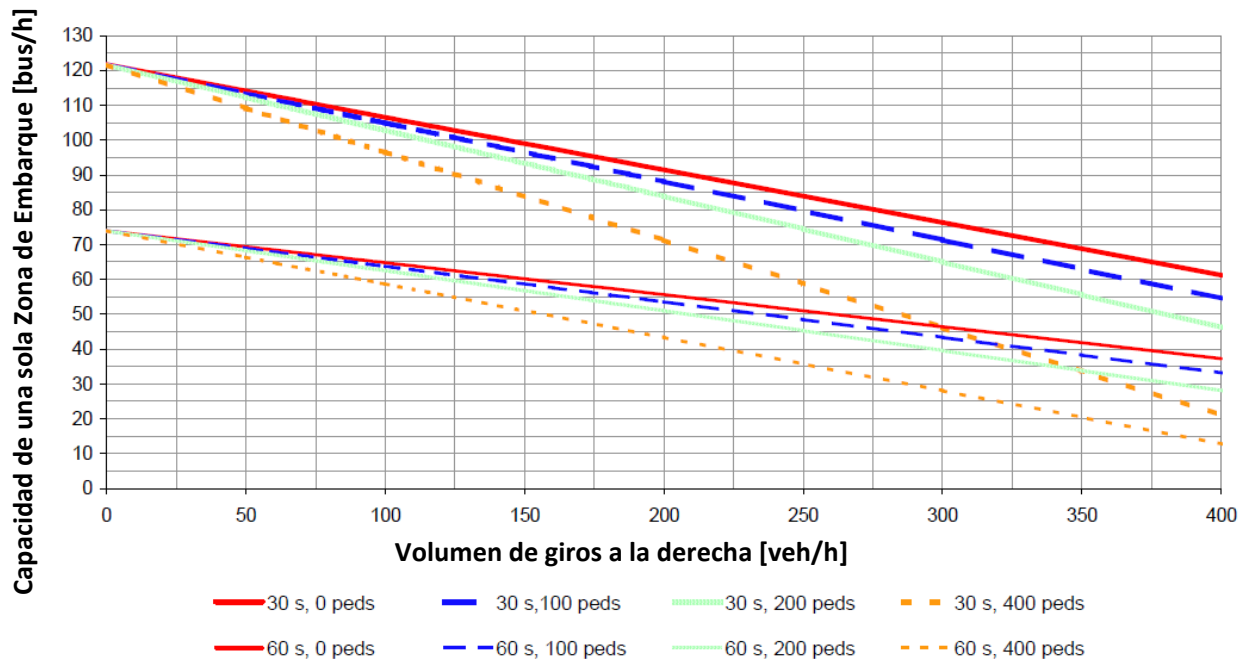
Nota: El Gráfico 7 utiliza los siguientes supuestos: $g / c = 0,5$, paradas de lado cercano, carriles de bus tipo 2, 2 zonas lineales de embarque por cada parada, el 60% de

coeficiente de variación de los tiempos de permanencia, el 25% de tasa de falla, 15 segundos del tiempo de despeje, arribos típicos de autobuses, se permite doblar a la derecha de la señal, carriles compartidos de giro a la derecha, y los volúmenes mínimos de autobuses en relación a los volúmenes de giro a la derecha ($P_{RT} = 1,0$).

Se puede observar que en un régimen bajo de giros a la derecha y peatones, el tiempo de permanencia controla la capacidad. Volúmenes peatonales en por debajo de 200 por hora tienen poco efecto sobre la capacidad del autobús del vehículo, pero tiene efectos sustanciales en los mayores volúmenes, especialmente en aumento de volúmenes de giro a la derecha. Sin embargo, cuando conflictos de giros a la derecha no existen, los volúmenes de peatones en conflicto no tienen ningún impacto sobre la capacidad, y las líneas de un determinado tiempo de permanencia convergen a un solo punto. También puede verse que las líneas para un volumen dado de peatones convergen hacia un punto donde se excede la capacidad de giro a la derecha y la capacidad de carril de bus cae a cero. Entre estos dos extremos, la capacidad del autobús cada vez disminuye a medida que los giros a la derecha aumentan los volúmenes, hasta que se alcanza un punto donde los volúmenes de demanda de autobuses superan la capacidad del carril bus.

Gráfico 8 ilustra las mismas situaciones, salvo que los autobuses utilizan una operación de omisión de dos paradas, y el carril adyacente se supone que tiene 500 vehículos por hora (lo que resulta en una aproximación de razón v / c de 0,6 a razón g / C de 0,5). Para un determinado volumen de giro a la derecha, la correspondiente capacidad del carril de

bus es de aproximadamente un 63% más alto que el procedimiento sin omisiones de parada



* peds = peatones

Gráfico 8 Cap 4.6 Planificación Aplicada

<Capacidad de un carril de bus: Con operaciones de omisión de paradas>

Al comparar las pendientes de las líneas en el Gráfico 7 y el Gráfico 8, la capacidad de carril de bus cae a cero en el mismo volumen de giro a la derecha, sin afectar el uso o no, de operaciones de omisión de paradas. Esto sugiere que el control de giros a la derecha (ya sea por restricciones de giro o la ubicación de la parada de autobús) debe ser la primera consideración para mejorar la capacidad, especialmente en las zonas peatonales con volúmenes relativamente altos. Como se verá acciones que mejoren la capacidad del autobús también tienen un efecto beneficioso sobre la velocidad del bus. Cuando el giro a la derecha no es un factor de capacidad significativa, la omisión de paradas se puede utilizar para aumentar aún más la capacidad y velocidad.

4.6.3 Operaciones y Capacidad de bus en Tráfico Combinado

INTRODUCCION

Los autobuses que operan en situaciones de tráfico mixto, es el escenario de operación más común en las ciudades y en las zonas rurales. Se aplica a los autobuses grandes y pequeños, tanto estándar como articulados, tanto de ruta fija y los servicios que responden a la demanda. Las excepciones raras ocurren en las grandes ciudades con las rutas de muy alta capacidad que pueden prestarse a vías de autobús o carriles de autobuses del centro. Debido a que los autobuses funcionan similares a otros vehículos en una vía de circulación, su impacto sobre la capacidad de la vía del vehículo en general se puede calcular como si se tratara de otro vehículo, utilizando los procedimientos indicados en el Manual de Capacidad de Carreteras. La capacidad del carril de autobuses se calcula de la misma manera que para los carriles de bus

arteriales, con la salvedad de que la interferencia de otro tipo de tráfico en las operaciones de autobuses debe tenerse en cuenta. Esta interferencia es mayor cuando se utilizan las paradas off-line y los autobuses tienden a esperar por un espacio en el tráfico antes de incorporarse de nuevo en la calle.

TIPOS DE OPERACIÓN DE BUSES

En paralelo a los procedimientos de las líneas de bus en calles arteriales, el procedimiento de tráfico mixto también define los tipos de carril bus. A diferencia de los carriles de bus exclusivos, sólo hay dos tipos de operaciones de tráfico mixto de autobuses, como se muestra en el Cuadro 21. La oportunidad de pasar de la acera del carril es el factor determinante entre los dos tipos.

<div data-bbox="295 1182 386 1214" data-label="Caption"> <p>TIPO 1</p> </div> <div data-bbox="295 1249 1053 1832" data-label="Image"> </div>	<div data-bbox="1082 1182 1358 1288" data-label="Text"> <p>Un carril de viaje en dirección del viaje</p> </div> <div data-bbox="1082 1323 1410 1713" data-label="List-Group"> <ul style="list-style-type: none"> • El carril es compartido por autobuses y otros vehículos • Parqueaderos y maniobras de giro pueden retrasar los autobuses </div>

<p>TIPO 2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Dos carriles de viaje en dirección del viaje • Los carriles son compartidos por los autobuses y otros vehículos • Los autobuses pueden dejar carril de acera para evitar vehículos detenidos
---	--

Cuadro 21 Cap 4.6 Planificación Aplicada

<Tipos de Operaciones en Tráfico Mixto>

CAPACIDAD DE BUS EN TRÁFICO MIXTO

El volumen de tráfico mixto que compare el carril de acera con los autobuses afecta a la capacidad del autobús de dos maneras. En primer lugar, la interferencia causada por otros vehículos en el carril, sobre todo en las intersecciones, puede bloquear a los autobuses en la llegada a una parada o puede retrasar a un autobús que está bloqueado en una cola de vehículos. En segundo lugar, en las paradas fuera de línea, la re-entrada adicional al salir de una parada y volver a entrar en el tráfico reduce la

capacidad, como se discutida en capítulos anteriores. La demora en re-entrada se incorpora en el tiempo de despeje utilizado para calcular la capacidad de la parada de autobús. La interferencia del tráfico se ve afectada por el factor de ajuste de la capacidad siguiente:

$$f_m = 1 - f_l \left(\frac{v_r}{c_r} \right)$$

Ecuación 13

Donde:

f_m : factor de ajuste en tráfico mixto

f_l : factor de ubicación de parada de autobús, del Cuadro 18

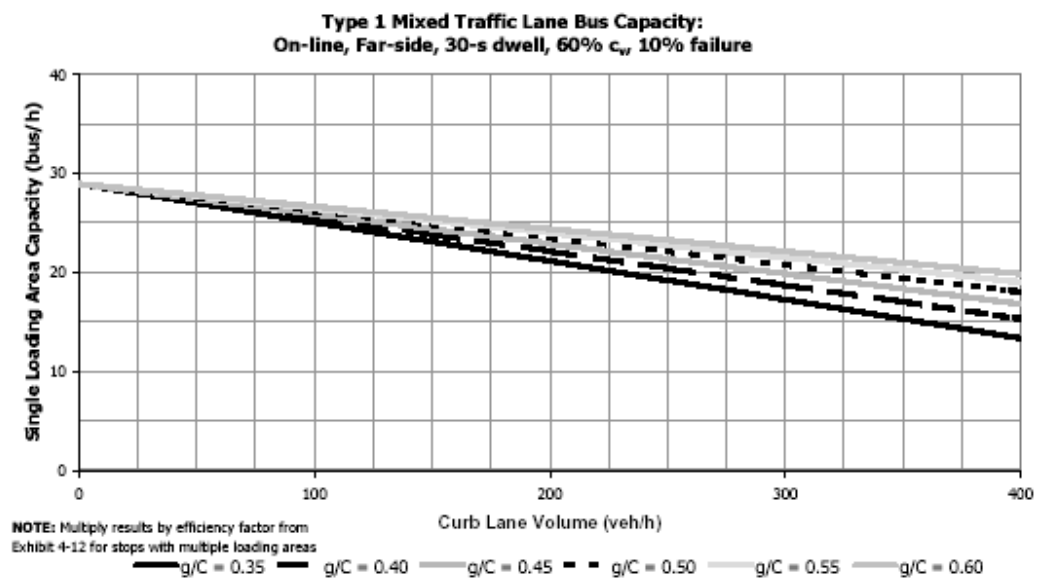
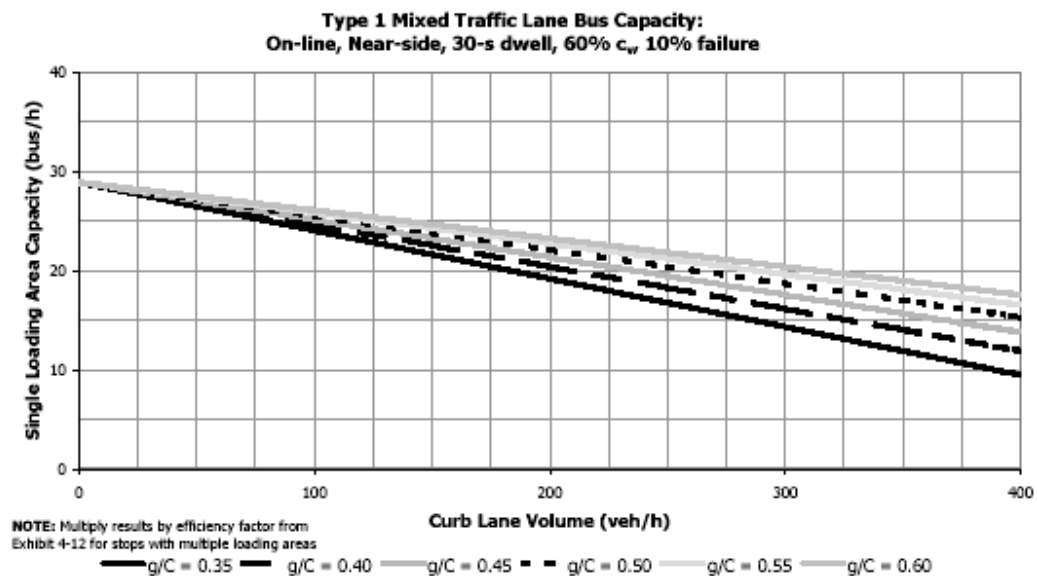
v_r : volumen de giros a la derecha en una determinada intersección [veh/h]

c_r : capacidad de giros a la derecha en una determinada intersección [veh/h]

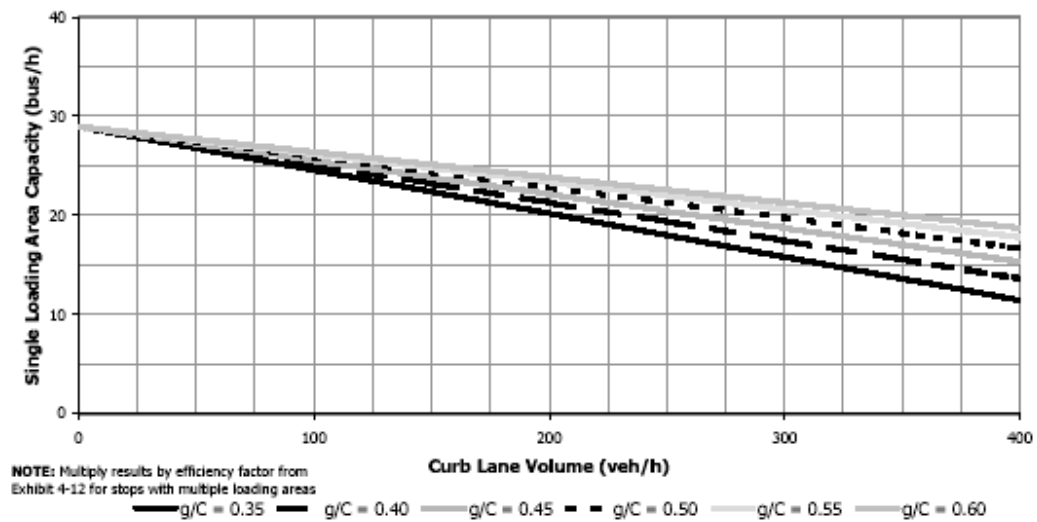
El factor de ajuste de tráfico mixto es esencialmente el mismo que el factor de ajuste de giro a la derecha presentado en la Ecuación 10 para carriles bus de calle arteriales. La diferencia es que en una situación de tráfico mixto, el tráfico detenido será mayor y que no sólo será el de giros a la derecha sino también el tráfico de flujo directo, o incluso a los giros a la izquierda y por lo tanto la capacidad del autobús del vehículo será menor en una situación de tráfico mixto que en un carril de bus en calle arterial.

La Ecuación 14 puede ser utilizada para calcular la capacidad del autobús en un carril de tráfico mixto en donde los autobuses estén operando. Una vez que la capacidad del autobús es conocido, se podrán utilizar las ecuaciones para determinar la capacidad persona descrita en capítulos anteriores. Gráficos de planificación⁴⁹ se puede utilizar para estimar la capacidad, en base a la Ecuación 14, para una variedad de situaciones.

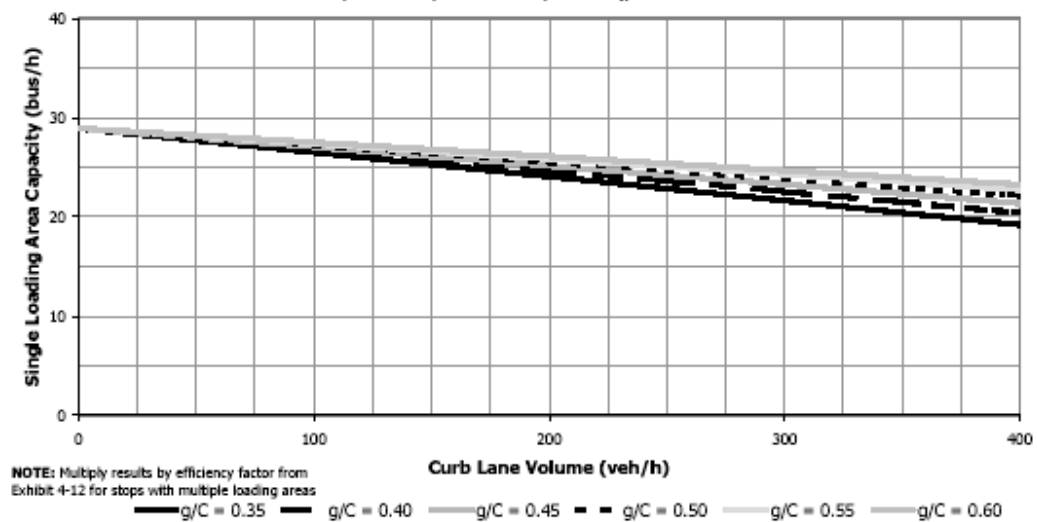
⁴⁹ TCRP Report 100: Transit Capacity and Quality of Service Manual, Transportation Research Board, Washington, DC (2003), 2da Ed., APPENDIX D: PLANNING-LEVEL CAPACITY GRAPHS



Type 2 Mixed Traffic Lane Bus Capacity:
On-line, Near-side, 30-s dwell, 60% c_w , 10% failure



Type 2 Mixed Traffic Lane Bus Capacity:
On-line, Far-side, 30-s dwell, 60% c_w , 10% failure



$$B = B_f N_{el} f_m$$

Ecuación 14

Donde

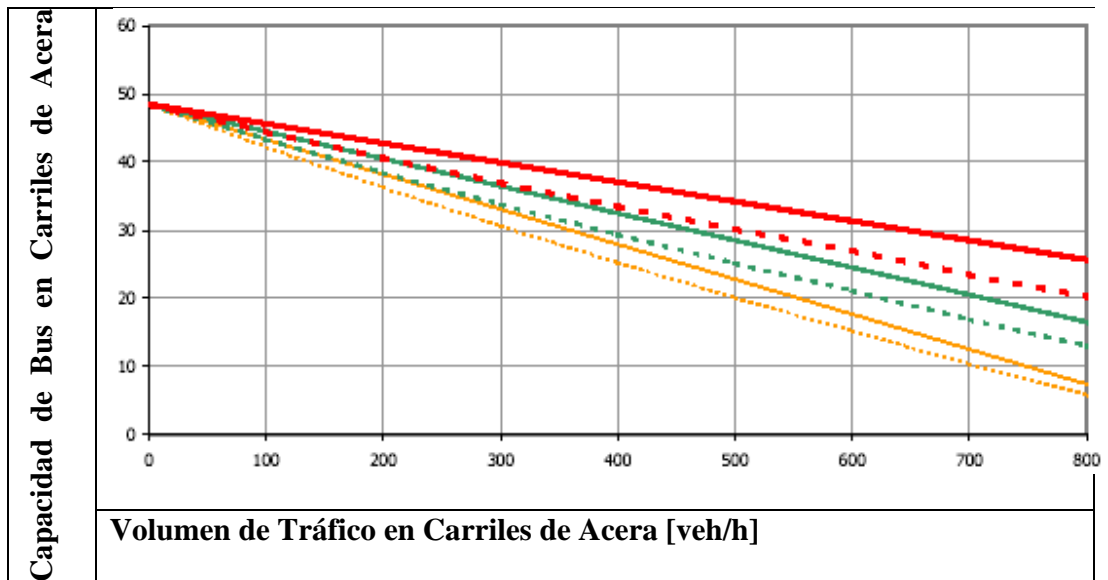
B: Capacidad de bus en tráfico mixto

B_l: Capacidad de la zona de embarque en la parada crítica de autobús [bus/h]

N_{el}: Número de zonas de embarque efectivas en la parada crítica de autobús

F_m: Factor de ajuste de capacidad para interferencia de tráfico mixto en la parada crítica de autobús

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ilustra cómo la capacidad del autobús del vehículo disminuye a medida que los volúmenes de tráfico de carriles de acera aumentan y la forma como la capacidad del autobús varía según la ubicación de la parada de autobús. Cabe señalar que, en situaciones de tráfico mixto, paradas off-line lineales pueden proporcionar menos capacidad de autobús que en paradas on-line para tiempos de permanencia idénticos, así como las fracciones de zonas de embarque adicionales eficaces proporcionadas por las paradas fuera de línea off-line son superados por el retraso adicional de autobuses en la maniobra de re-entrada al tráfico.



	Lado Cercano On-Line		Lado Cercano Off-Line		Mitad Cuadra On-Line
	Lado Lejano Off-Line		Lado Lejano On-Line		Mitad Cuadra Off-Line

Gráfico 9 Cap 4.6 Planificación Aplicada

<Capacidad máxima de Bus en Tráfico mixto>

4.7 Respuesta de la Demanda de Transporte

INTRODUCCION

La Respuesta a la demanda de transporte por sus siglas en inglés Demand responsive Transportation (DRT) es un servicio de ruta variable, que se activa en respuesta a los requerimientos de los usuarios, proveído como un viaje compartido (por lo general de puerta a puerta o de acera a acera), y opera sobre una base de un punto específico a otro punto específico. El servicio DRT de punto a punto se puede utilizar de la siguiente manera: de muchos orígenes a muchos destinos, de muchos orígenes a pocos destinos, de pocos orígenes a muchos destinos, de pocos orígenes a pocos destinos y de muchos orígenes a un destino.

Más allá del tipo de operación punto a punto, otros parámetros de servicio impactan en las operaciones de DRT, como por ejemplo el tiempo de respuesta (si el servicio es respondido inmediatamente con el envío en tiempo real, similar al servicio de taxi, o reservas con anticipación) y la naturaleza de los pasajeros (ya sea que el servicio esté diseñado para el público en general o un subconjunto especial, como las personas mayores, estudiantes, con discapacidad, o sólo con consideraciones especiales). Muchos de estos parámetros son decisiones políticas por parte del administrador a cargo de DRT. Hay también una variedad de factores ambientales que impacten las operaciones de DRT, incluyendo el tamaño de un área de servicio,

patrón de la calle, y, lo más importante, la densidad de la demanda, definida como usuarios por hora por kilómetro cuadrado del área de servicio.

CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO

DRT es aplicado en las comunidades en todo Estados Unidos y Canadá. En las grandes zonas urbanas de los Estados Unidos, este servicio se proporciona a menudo como el servicio de para transporte complementario. En las comunidades más pequeñas, que responde a la demanda de servicio puede ser proporcionado en lugar del servicio de ruta fija o para complementar el servicio de transporte, que podrá estar disponible para el público en general en lugar de un subconjunto, como los ancianos y las personas con discapacidad. En las zonas rurales, sensibles a la demanda de servicios puede ser el servicio disponible sólo, y solo se puede ofrecer en determinados días de la semana o del mes.

Puesto que responde a la demanda de servicios se pueden diseñar de muchas maneras diferentes para el público en general o un subconjunto, muchas de las características del servicio tienden a reflejar el diseño operativo y políticas del sistema de DRT. Por ejemplo, un sistema de transporte complementario en un área urbana grande suele tener largos tiempos de viaje, en particular durante las horas pico, pero de muy baja productividad (por ejemplo, por lo general menos de dos viajes de ida de pasajeros por hora). Estas mismas características se pueden

encontrar en un programa general de demanda respuesta pública en una zona rural, con baja productividad debido a la densidad más baja de la demanda (en oposición a esperar mucho tiempo, y tiempos de espera para los pasajeros con discapacidades), y con largos tiempos de viaje debido a la mayor área de servicio y mayores distancias entre los centros de actividad (en lugar de la congestión y el tráfico de las grandes áreas urbanas). Por lo tanto, es importante entender que muchas de las características y diferencias entre las operaciones de DRT se derivan de las políticas operativas y de diseño.

TIPOS DE VEHÍCULOS

Hay una amplia variedad de vehículos disponibles para su uso en DRT. Los vehículos son más pequeños que los vehículos utilizados para los servicios de ruta fija, debido a las cargas de pasajeros más pequeños transportados y la mayor variedad de caminos recorridos. Los tipos de vehículos destinados a servicios de DRT incluyen sedanes, furgonetas, taxis y autobuses pequeños y medianas.

La accesibilidad para los pasajeros que utilizan ayudas para la movilidad, especialmente sillas de ruedas, es un tema importante en la selección de vehículos para el servicio de DRT, como los sistemas de DRT son a menudo diseñados para servir a las personas con limitaciones de movilidad. Los pasajeros que utilizan sillas de ruedas y algunos otros dispositivos de movilidad requieren de un ascensor o una

rampa en el vehículo, que suele ser una camioneta o un autobús. Compañías de taxi en algunas zonas se han añadido vehículos accesibles a sus flotas para dar cabida a los pasajeros con sillas de ruedas.

CAPACIDAD DE DRT

Los Factores De Capacidad

La determinación de la capacidad de DRT es una propuesta diferente que la de tránsito de ruta fija. La cuestión de DRT no es cuántos vehículos una zona libre de circulación se puede acomodar, sino más bien la cantidad de vehículos y las horas de servicio de vehículos que están obligados a adaptarse a una demanda de pasajeros y a una zona de servicio.

Para tipos de servicio DRT muchos-a-uno y pocos-a-uno, los vehículos pueden ser asignados a las áreas geográficas, el número de vehículos asignados a cada área depende del número de pasajeros de esa zona que necesitan ser transportados en un tiempo dado.

Cada pasajero debe ser siempre provisto de un asiento para el servicio DRT.

Para la mayoría de los tipos de servicio de DRT con una mayor dispersión de los orígenes y destinos, el número de vehículos y las horas de servicio del vehículo requeridas depende de una serie de factores, incluyendo la demanda de pasajeros, las

características de usuarios del transporte público, la demanda en horas pico, el tamaño del área de servicio, el tipo de DRT de servicio y las políticas de servicio que afectan a las operaciones de DRT. La demanda de usuarios es claramente uno de los factores más importantes. La demanda de servicio DRT en términos de viajes de pasajeros de un solo sentido debe determinarse o estimarse como un factor clave para el cálculo de la capacidad. Estos datos también deben determinarse sobre una base media a la semana, así como una base de período pico. Si la demanda de período pico es significativamente mayor que la demanda fuera de pico, el número de vehículos requeridos será mayor. Teniendo en cuenta que los vehículos de DRT realizan sólo un número limitado de viajes de pasajeros cada hora, las fluctuaciones en el número de usuarios del transporte público pueden tener un efecto significativo en el número de vehículos necesarios y en los costos de capital y operaciones.

Una diferencia clave entre los tipos de usuarios del transporte público en términos de cálculo de la capacidad de DRT son las cantidades de tiempo de espera y tiempo de permanencia necesario. Un servicio general de DRT pública suele tener tiempos de espera muy cortos para los usuarios (de 1 a 2 minutos, por ejemplo). Tiempos de espera son también relativamente cortos. Servicios especializados de DRT diseñados para usuarios con discapacidad tendrán tiempos de espera más largo (5 a 10 minutos y en algunos casos más), y los tiempos de permanencia son también más largos. Aumento de espera y tiempos de permanencia significa que un menor número

de viajes de pasajeros y tiempos de espera difieren dependiendo del tipo de servicio DRT.

Demanda en periodos pico es otro factor importante. Cuando los sistemas de DRT alcanzan su punto máximo en demanda de usuarios, se requiere capacidad adicional en las horas pico. A diferencia de un autobús de ruta fija en las horas pico que es capaz de acomodar a los pasajeros adicionales en cada parada de autobús, hasta pasajeros de pie al punto de saturación, un vehículo de DRT por lo general no transportará más pasajeros durante las horas pico que fuera de horas pico. (Una excepción es cuando cambian las características de operación durante las horas pico para ser más productivos, por ejemplo, modalidades muchos a muchos en fuera de horas pico, para muchos-a-pocos o muchos a uno durante las hora pico) La política de DRT en viajes de programados es particularmente importante en relación con las necesidades de capacidad en período pico. El grado en que un proveedor de DRT puede gestionar su máximo período de la demanda afectará a la cantidad de capacidad que se necesita.

La adición de más vehículos de DRT puede ser necesaria si la demanda alcanzó su punto máximo.

El tamaño de área de servicio y las características tienen una influencia decisiva en la capacidad de DRT. Con un área de servicio más grande y las largas distancias entre las zonas residenciales y las zonas de destino, los pasajeros de DRT tendrán

viajes más largos, tanto en kilómetros y tiempo. Cuando los vehículos de DRT están sirviendo los viajes más largos, menos viajes son proporcionados por cada vehículo, resultando en productividad más bajos y la capacidad de DRT necesaria para atender la demanda aumenta. Las características de la zona de servicio también afectan la capacidad. Por ejemplo, aquellas características en que el viaje demora tendrán un efecto similar al de un área de servicio grande, que resulta en los tiempos de viaje más largos, baja productividad, y la necesidad de capacidad adicional de DRT para atender la demanda. Ubicación de los principales puentes y cruces de ferrocarril y la forma geográfica del área de servicio son algunas de las restricciones de viaje que pueden caracterizar a un área de servicio DRT y aumentar los tiempos de viaje.

El tipo de servicio de punto a punto (es decir, de muchos a muchos, muchos-a-pocos, etc.) que proporciona el sistema DRT afectará a la capacidad. Un servicio de DRT que es capaz de agrupar a más usuarios a través de un tipo de muchos-a-uno, de muchos a unos pocos, o pocos, a muy pocos tendrán una mayor productividad, con cada vehículo de DRT que deberá llevar más viajes de pasajeros.

Por el contrario, un tipo de muchos a muchos de los servicios de DRT no es capaz de agrupar tantos viajes, debido a la mayor dispersión de los orígenes y destinos, y por lo tanto, cada vehículo transporta un menor número de viajes de pasajeros, con una consiguiente necesidad de adición en la capacidad.

Las políticas de servicios también puede afectar la capacidad. Esas políticas que aumentan el tiempo para servir a los pasajeros de cada viaje, como por ejemplo un tiempo de espera de diez minutos para un lugar de recogida, incrementarán los tiempos de los viajes, con un efecto similar al de los viajes largos, modificación de los tiempos de viaje es decir, la reducción la productividad con una necesidad de capacidad adicional.

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

El número de vehículos y las horas de servicio del vehículo para un sistema de DRT se puede estimar utilizando datos de un sistema de DRT similar o varios sistemas de DRT similares que operan en una comunidad similar o área. Este es el método de la analogía, la cual, sencillo y simple, puede proporcionar información útil para ayudar a evaluar el número de viajes de pasajeros por día y la hora por servicio que se puede servir con un número determinado de vehículos. Estos datos pueden ser utilizados para estimar la capacidad de la comunidad o zona donde DRT servicio está siendo planeado.

Un segundo enfoque es el uso del modelo de estimación de los recursos DRT que se está desarrollando a través del Proyecto TCRP B-23⁵⁰. Este modelo, estiman los

⁵⁰ <http://www4.trb.org/trb/crp.nsf/All+Projects/TCRP+B-23>

vehículos y las horas de servicio de vehículos necesarios para proporcionar el servicio DRT para un nivel dado de la demanda de usuarios y la calidad del servicio en un área de servicio definida.

Los usuarios del modelo definirán entradas específicas, tales como el área de servicio DRT, utilizando lugares y las unidades de la geográfica dictadas mediante la herramienta del Censo, el número promedio de viajes entre semana, el tipo de pasajeros (por ejemplo, el público en general, personas mayores, transporte en desventaja), y las características del servicio. Luego, el modelo simulará viaje con dos fases de modelado: viaje de generación y distribución de viaje. Los resultados de la modelación será utilizado por la parte del vehículo

Un tercer enfoque para estimar el número requerido de vehículos DRT es el modelo de análisis de Fu⁵¹. Este modelo está destinado a ayudar a los planificadores y diseñadores a determinar rápidamente el número mínimo de vehículos necesarios para alcanzar una determinada calidad de servicio, el número máximo de viajes que una flota determinada puede servir, y la calidad de servicio que puede ser proporcionada por una flota determinada.

A diferencia del modelo del Proyecto TCRP B-23, el modelo de Fu asume que la demanda se conoce de antemano.

⁵¹ Fu, Liping, An Analytical Model for Paratransit Capacity and Quality of Service Analysis, *Paper 03-2179*, presented at the 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC (2003).

La calidad de los indicadores de servicio en el modelo de Fu no coinciden exactamente con los de la calidad de la DRT TCQSM en el marco de servicio, y el modelo fue calibrado para escenarios idealizados, pero con el refinamiento podrían ser incorporados en una futura edición de la TCQSM.

CAPITULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- ❖ Se concluye que el grupo al que pertenece el Sistema de Buses del Distrito Metropolitano de Quito dentro de los modelos de Capacidad de Tránsito es el de Modelo de Tránsito en Calles Arteriales y en Tráfico Combinado, con la presencia de paradas tipo en la calle (on-street) contando con los tres tipos de localidades, adicionalmente el diseño mandatorio en paradas de buses es el tipo lineal
- ❖ El uso y aplicación de los factores presentados para la determinación de cálculo de la capacidad pueden ser utilizados dado que las condiciones vigentes de la situación de Tráfico del Distrito Metropolitano de Quito reflejan las condiciones provistas dentro del desarrollo de la presente
- ❖ Para un diagnóstico preliminar de la capacidad se puede usar la correlación del Cuadro 8 del capítulo 4.3 como referencia inicial para estimar la capacidad de bus en embarque y desembarque
- ❖ La determinación de la capacidad de una ruta de tránsito no se logrará en la operación real, existe el limitante de recursos.
- ❖ Los vehículos de transporte no disponen de suficientes datos para proporcionar la capacidad máxima disponible. En muchos casos, simplemente se basará la aplicación con la demanda de pasajeros justificando una operación en capacidad de diseño. El

resultado neto será la frecuencia del servicio operado por debajo de parámetros teóricamente posibles.

- ❖ Los factores de afectación de la capacidad también influyen en la velocidad y la fiabilidad. El factor con mayor significación determinante de velocidad y de capacidad es el tiempo de permanencia o espera, es el tiempo que le toma a un vehículo detenerse para ejecutar la operación de embarque y desembarque de pasajeros
- ❖ Una de las combinaciones de factores que pueden reducir sustancialmente los tiempos de permanencia es mediante una combinación de precio libre de servicio, pocos asientos, distancias de viaje de pasajeros cortos, autobuses de piso bajo, y tres puertas de doble flujo en los autobuses.
- ❖ Acciones que mejoran la capacidad del autobús también tienen un efecto beneficioso sobre la velocidad del bus, una de estas es el control de giros a la derecha (ya sea por restricciones de giro o la ubicación de la parada de autobús), especialmente en las zonas peatonales con volúmenes relativamente altos.
- ❖ Las menores tasas de fracaso son recomendadas para equilibrar la capacidad y la fiabilidad horario.
- ❖ Es una tendencia de agencias de tránsito a evitar el uso de paradas off-line, excepto cuando el límite de velocidad en la calle es relativamente alta (por ejemplo, mayor de 60 a 70 km/h).
- ❖ El factor de tipo de entrada dependerá de cómo los autobuses se han programado y lo bien que son capaces de cumplir con el programa de rutas.

- ❖ Se puede concluir que en un régimen bajo de giros a la derecha y peatones, el tiempo de permanencia controla la capacidad y tienen poco efecto sobre la capacidad del autobús del vehículo, pero tiene efectos sustanciales en los mayores volúmenes, especialmente en un aumento de volúmenes de giro a la derecha.
- ❖ La capacidad del autobús disminuye a medida que los volúmenes de giros a la derecha aumentan, hasta que se alcanza un punto donde los volúmenes de demanda de autobuses superan la capacidad del carril bus.
- ❖ Políticas de DRT en viajes programados es particularmente importante en relación con las necesidades de capacidad en períodos pico o de saturación de demanda.

Recomendaciones

- ❖ Se recomienda al planificador, o a la agencia de tránsito encargada la aplicación y uso de la presente metodología con los respectivos factores de afectación a la capacidad y velocidad, dependientes unos de otros, que coadyuvarán como herramienta de mitigación y/o corrección de falencias en la planificación del tráfico; y que son necesarias para la implementación de un modelo de manejo de transportación técnicamente fundamentado en la capacidad, con el objetivo de gestionar la regulación de frecuencias y rutas de transporte, así como la normalización en sí de las paradas de buses
- ❖ Fijando la aplicación de la presente metodología a las necesidades de las rutas de buses que son afectadas por la aplicación de Corredores de Tránsito, se puede lograr

la correcta planificación de rutas y tiempos de viaje por las calles paralelas y/o alternas al Corredor de Tránsito

- ❖ Administrando correctamente la capacidad de la zona embarque adaptando factiblemente los diferentes tipos de zonas expuestos dentro de la presente tesina, se puede lograr aumentar la capacidad de transportación en los sitios con mayor volumen de usuarios
- ❖ Se puede colegir que la acertada ubicación de las paradas de buses confluirá directamente en el aumento o disminución del tiempo de permanencia que dadas las circunstancias perjudica o favorece a la capacidad de transportación
- ❖ Se recomienda el uso de las alternativas de planificación del transporte en las determinadas horas o puntos pico, dictadas en el acápite 4.7 cuando se observe que la capacidad está llegando a valores de saturación, o, como medida alternativa de gestión del transporte en respuesta a un determinado volumen de demanda
- ❖ Para el óptimo funcionamiento de mejoras en la planificación se recomienda buscar

CAPITULO VI.- BIBLIOGRAFIA Y ANEXOS

1. AC Transit APPENDIX: A, Service Development , GLOSSARY OF TERMS, Definitions of Terms, Acronyms and Abbreviations used in Board Policies
2. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, Art. 315, 2008
3. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, Art. 4, 2008
4. Cuntill, M.A., and P.F. Watts, “Bus Boarding and Alighting Times.”Report LR 521, Great Britain Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, England (1973).
5. Dictionary of Scientific and Technical Terms, McGraw-Hill Dictionary, 6th Ed, 2002
6. Edwards, Jr., John D. (editor), Transportation Planning Handbook, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ (1992).
7. Fu, Liping, An Analytical Model for Paratransit Capacity and Quality of Service Analysis, Paper 03-2179, presented at the 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC (2003).
8. Fuhs, Charles A., NCHRP Synthesis of Highway Practice 185: Preferential Lane Treatments for High-Occupancy Vehicles, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1993).
9. Homburger, W.S. (editor), Transportation and Traffic Engineering Handbook, Second Edition, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ (1982).

10. Kohler, U., “Capacity of Transit Lanes,” Proceedings of the International Symposium on Highway Capacity, Karlsruhe, Germany (1991).
11. Levinson, H.S. Analyzing Transit Travel Time Performance. In Transportation Research Record 915, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1983).
12. Levinson, H.S., C.L. Adams, and W.F. Hoey, NCHRP Report 155: Bus Use of Highways—Planning and Design Guidelines, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1975).
13. Levinson, H.S., INET Transit Travel Times Analysis, prepared for the Urban Mass Transit Administration, Washington, DC (April 1982).
14. Levinson, H.S., L. Lennon and J. Cherry. Downtown Space for Buses—The Manhattan Experience. In Transportation Research Record 1308, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1991).
15. LEY DE RÉGIMEN PARA EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, Título I, Art. 2, 1993
16. Pratt, Richard H., Texas Transportation Institute, Cambridge Systematics, Inc., Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Inc., SG Associates, Inc., and McCollum Management Consulting, Inc., TCRP Web Document 12: Traveler Response to Transportation System Changes: Interim Handbook, TRB, Washington, DC (2000).
17. Scheel, W. and J.E. Foote, “Bus Operation in Single Lane Platoons and Their Ventilation Needs for Operation in Tunnels,” Research Publication GMR-808, General Motors Research Laboratories, Warren, MI (1962).

18. Soberman, R.M. and H.A. Hazard (editors), Canadian Transit Handbook, University of Toronto and York University, Joint Program in Transportation, Toronto, Ontario (1980).
19. Special Report 209: Highway Capacity Manual, TRB, National Research Council, Washington, DC (1985).
20. Special Report 209: Highway Capacity Manual, TRB, National Research Council, Washington, DC (1985).
21. St. Jacques, Kevin and Herbert S. Levinson, TCRP Report 26: Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1997).
22. St. Jacques, Kevin and Herbert S. Levinson, TCRP Research Results Digest 38: Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials: Application and Refinement, TRB, National Research Council, Washington, DC (2000).
23. TCRP Report 100: Transit Capacity and Quality of Service Manual, Transportation Research Board, Washington, DC (2003), 2da Ed.
24. TCRP Report 100: Transit Capacity and Quality of Service Manual, Transportation Research Board, Washington, DC (2003), 2da Ed., APPENDIX D: PLANNING-LEVEL CAPACITY GRAPHS
25. TCRP Web Document 6: Transit Capacity and Quality of Service Manual, First Edition, TRB, Washington, DC (1999).
26. Texas Transportation Institute, Parsons Brinckerhoff Quade and Douglas, Inc., and Pacific Rim Resources, Inc., NCHRP Report 414: HOV Systems Manual,

- TRB, National Academy Press, Washington, DC (1998).
27. Texas Transportation Institute, TCRP Report 19: Guidelines for the Location and Design of Bus Stops, TRB, National Academy Press, Washington, DC (1996).
28. <http://es.thefreedictionary.com/permanencia>
29. <http://www.definicionabc.com/general/permanencia.php>
30. http://www.epmmop.gob.ec/epmmop/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=3
31. http://www.its.bldrdoc.gov/fs-1037/dir-013/_1850.htm
32. <http://www.slideshare.net/sjnavarro/trnsito-1851608>, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, Estelí – Nicaragua
33. <http://www.thefreedictionary.com/bus+stop>

ANEXOS

APPENDIX D: PLANNING-LEVEL CAPACITY GRAPHS

This appendix contains graphs providing bus capacities for bus stops and bus lanes for a number of common situations. Because of the number of variables involved, it is not possible to provide a graph for every conceivable situation, and users are cautioned to review the assumptions used to develop each graph to confirm that the graph applies to their situation. The spreadsheets used to develop these graphs are included on the accompanying CD-ROM and allow users to change the assumptions as required for a given situation.

Exhibits 4-65 through 4-67 provide bus stop capacities for both on-line and off-line stops, for various combinations of dwell time, g/C ratios, and curb lane traffic volumes. Graphs are provided for recommended failure rates corresponding to suburban, downtown, and maximum capacity situations. *Note that the capacity values shown are for stops with a single loading area. To obtain the capacity of a stop with multiple loading areas, multiply the value from the graph by the appropriate loading area efficiency factor from Exhibit 4-12, which is reproduced below.*

Loading Area #	<u>On-Line Loading Areas</u>				<u>Off-Line Loading Areas</u>	
	<u>Random Arrivals</u>		<u>Platoon Arrivals</u>		<u>All Arrivals</u>	
	Efficiency %	Cumulative # of Effective Loading Areas	Efficiency %	Cumulative # of Effective Loading Areas	Efficiency %	Cumulative # of Effective Loading Areas
1	100	1.00	100	1.00	100	1.00
2	75	1.75	85	1.85	85	1.85
3	70	2.45	80	2.65	80	2.65
4	20	2.65	25	2.90	65	3.25
5	10	2.75	10	3.00	50	3.75

NOTE: On-line values assume that buses do not overtake each other.

Exhibits 4-68 through 4-72 provide bus lane capacities based on critical bus stop dwell times of 30 and 60 seconds for combinations of Type 1 and Type 2 lanes, near-side and far-side stops, and various right-turning volumes at the critical stop. These exhibits assume a downtown location, with on-line stops, a 10% failure rate, and a g/C ratio of 0.45 (typical for a one-way downtown grid). Exhibits 4-73 and 4-74 provide similar graphs for mixed traffic situations for various combinations of curb lane volumes. As before, multiply the capacity values shown by the appropriate loading area equivalency factor from Exhibit 4-12.

To obtain person capacities, multiply the bus capacity obtained from the graph by an average maximum schedule load per bus (e.g., 60 passengers for a standard 12-meter or 40-foot bus, or 90 to 100 passengers for an articulated bus) and an appropriate peak hour factor (0.60 to 0.95, with 0.75 recommended as a default in the absence of other information).

If the g/C ratio is not known for a particular roadway, a value of 0.45 may be used as a default for the through movement on the major street where no protected left-turn phase (i.e., left-turn arrow) is present, while 0.40 may be used for the through movement on the major street when protected left-turn phasing is used.^(R6) For most other situations, the g/C ratio may range from 0.30 to 0.70 for through movements.^(R9) A higher ratio (up to 0.60 or 0.70, if protected left turns are not provided) may be applicable where the major street has much greater traffic volumes per lane than the minor street. A lower ratio (e.g., 0.30) may be appropriate for a minor street through movement, or an even lower one if the two streets' traffic volumes per lane are substantially different. A g/C ratio of 0.10 can be used as a default for a protected left-turn movement.

The spreadsheets used to develop Appendix D exhibits are included on the accompanying CD-ROM.

The graphs are based on the capacity of a single loading area. Multiply graphed values by the appropriate loading area efficiency factor.

Copy of Exhibit 4-12
Efficiency of Multiple Linear Loading Areas at Bus Stops^(R25, R27, R28)

Default g/C ratios.

Exhibit 4-65

Bus Stop Capacity with
400 veh/h in Curb Lane and
Off-line Stops

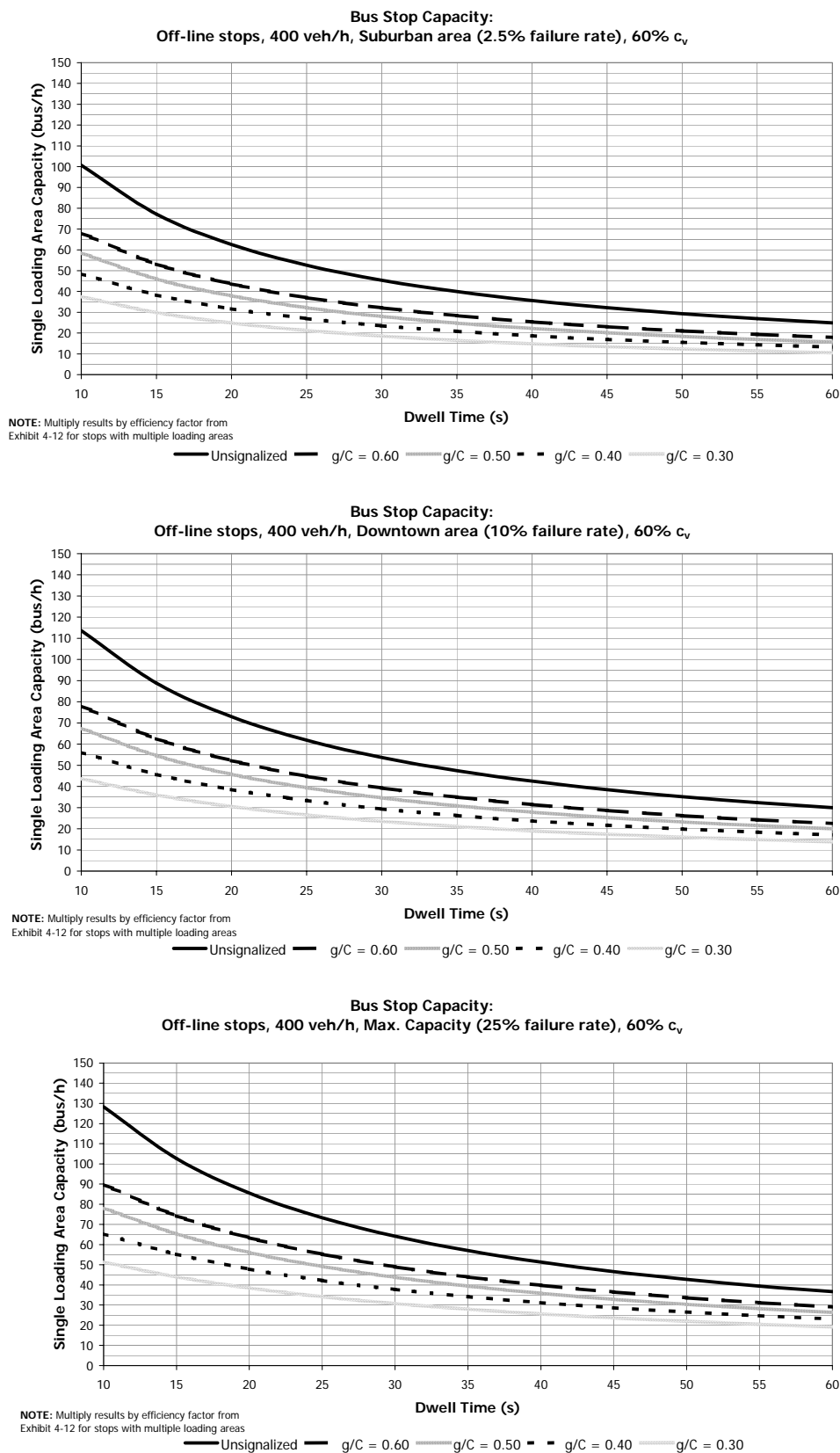


Exhibit 4-66
Bus Stop Capacity with
800 veh/h in Curb Lane and
Off-line Stops

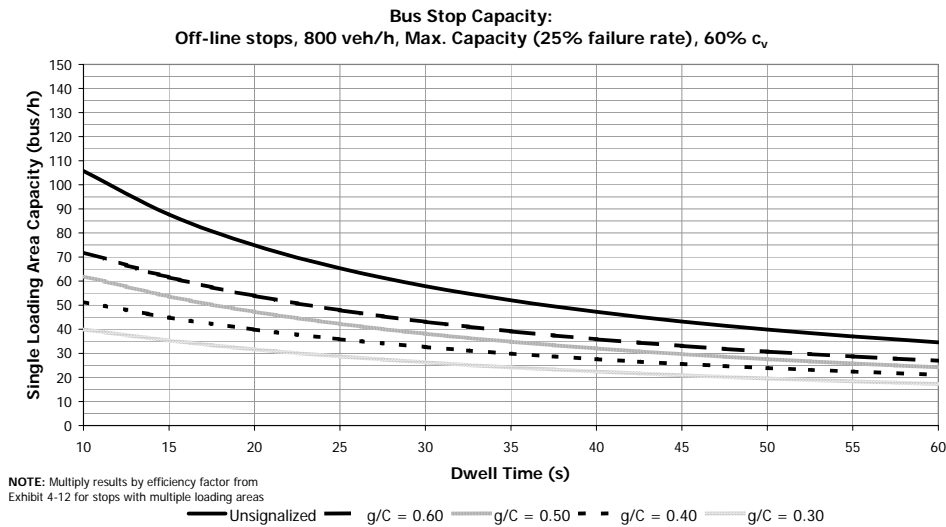
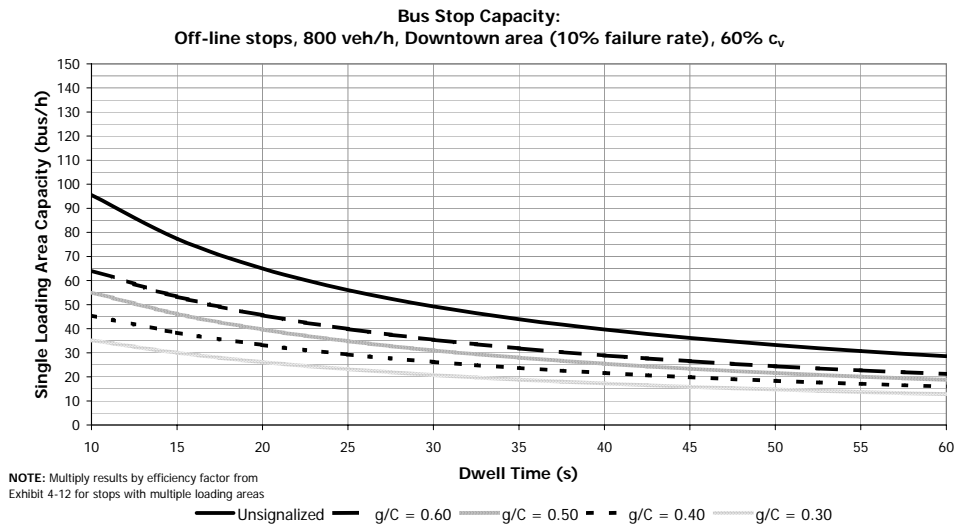
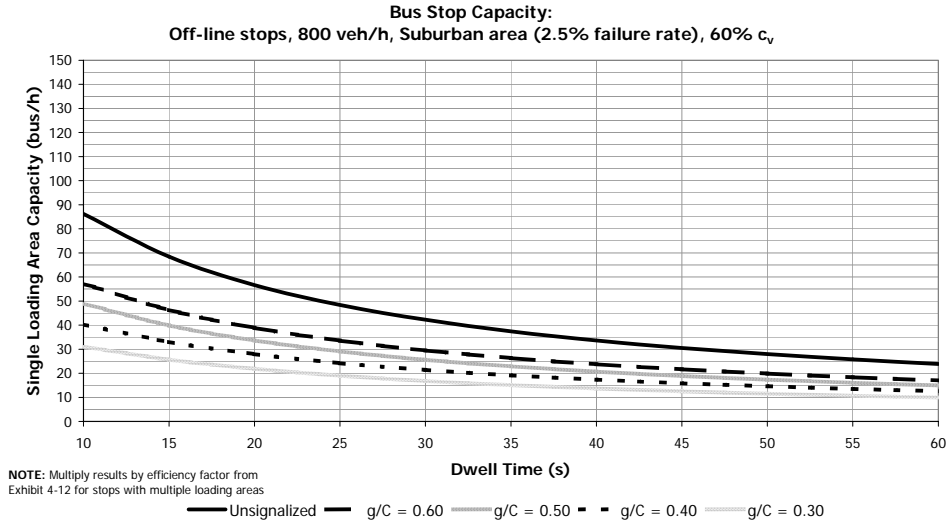
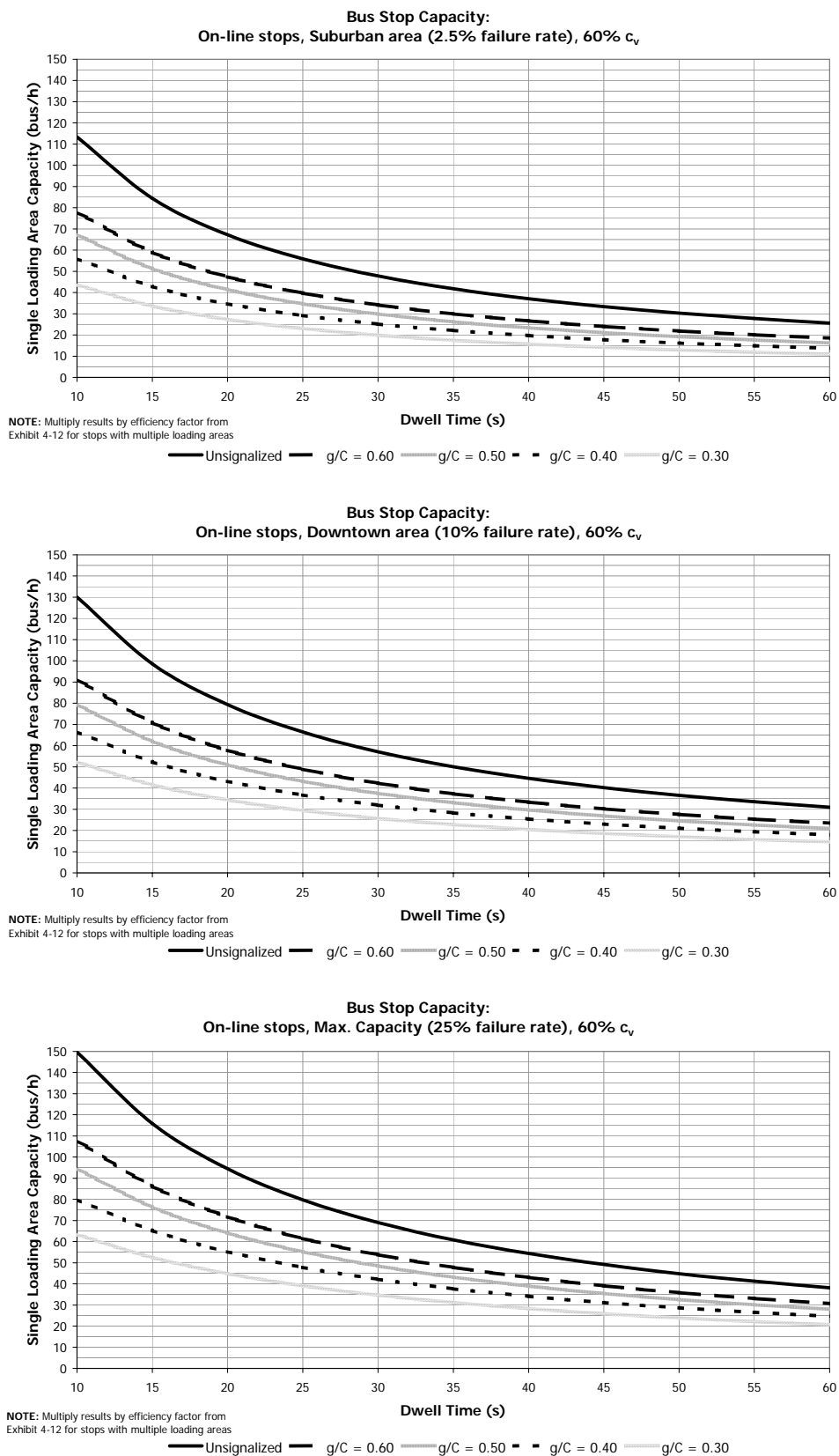


Exhibit 4-67
Bus Stop Capacity with
On-Line Stops



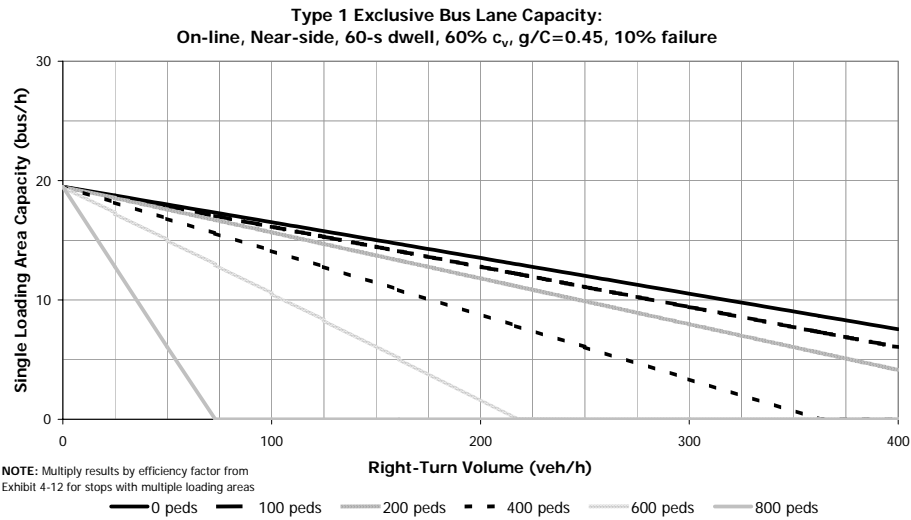
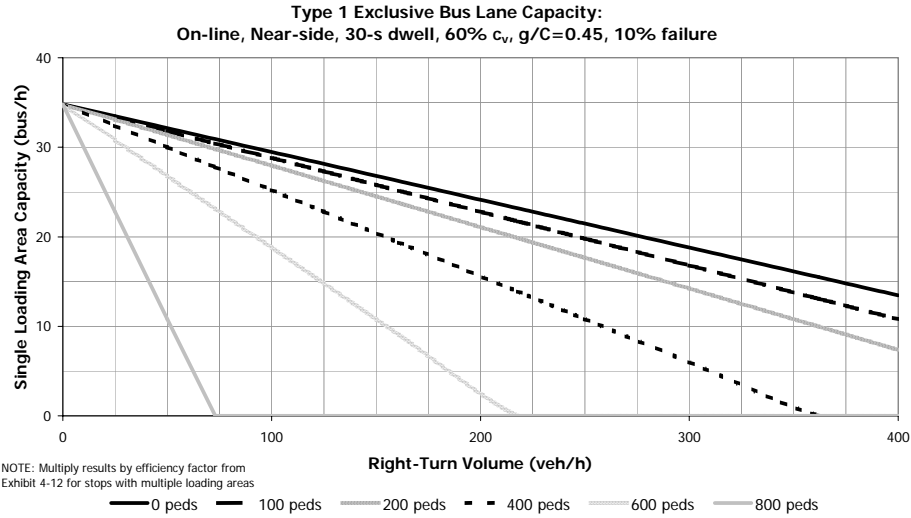
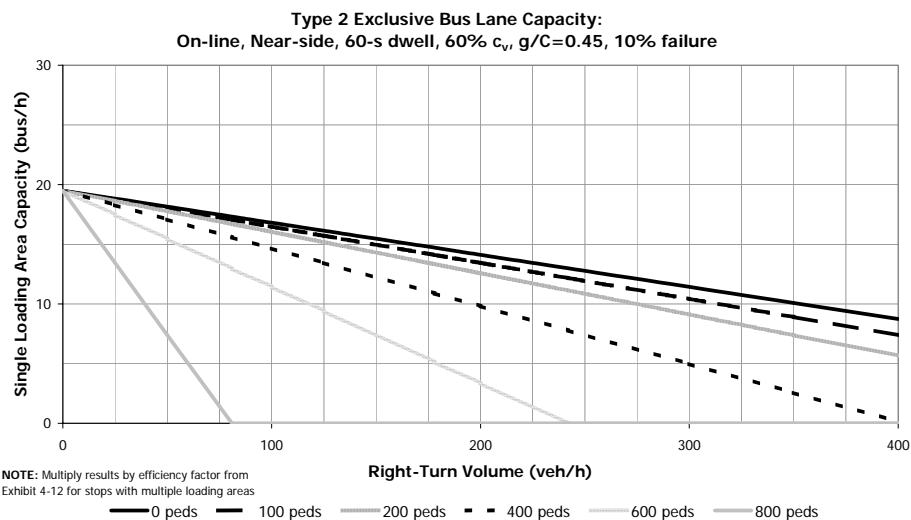
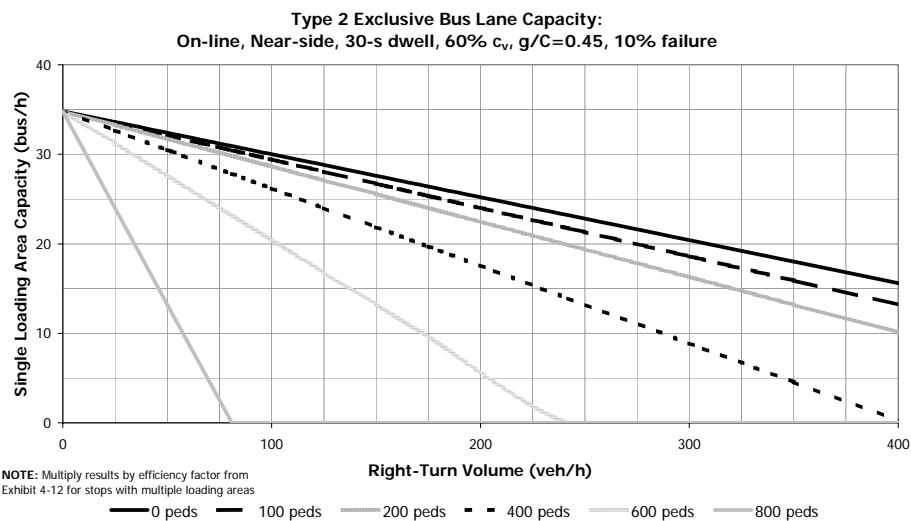


Exhibit 4-68
Exclusive Lane Bus Capacity:
Near-side Stops, Type 1 Lane

Exhibit 4-69

Exclusive Lane Bus Capacity:
Near-side Stops, Type 2 Lane



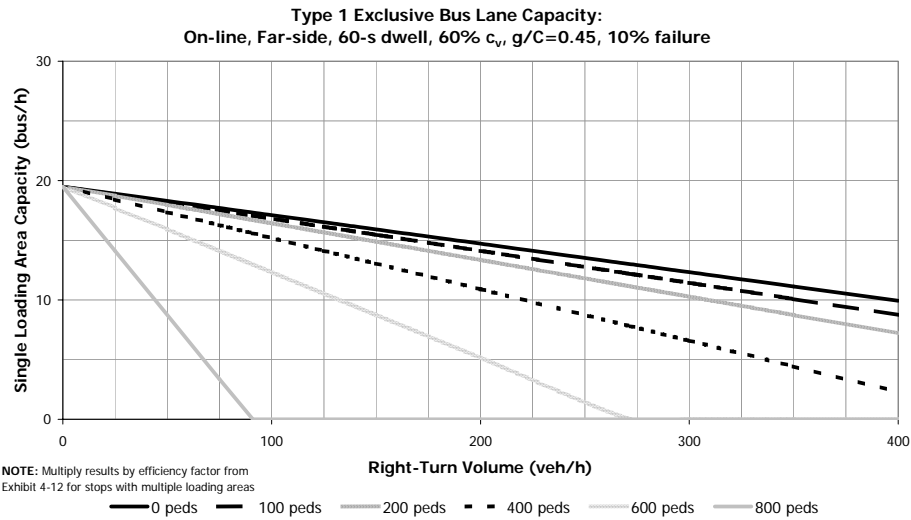
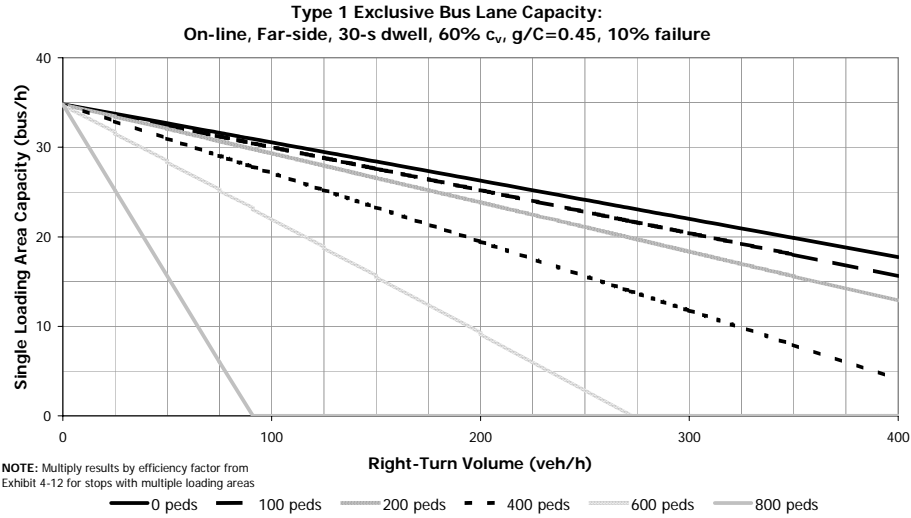
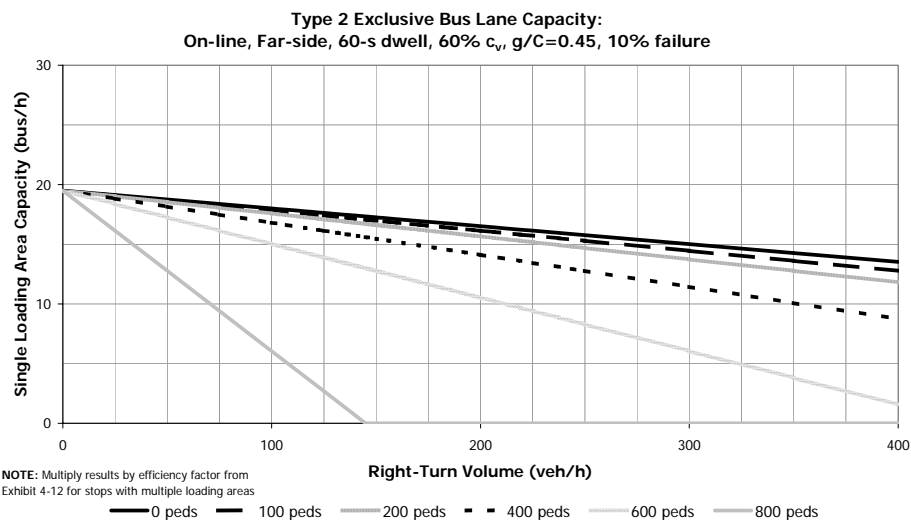
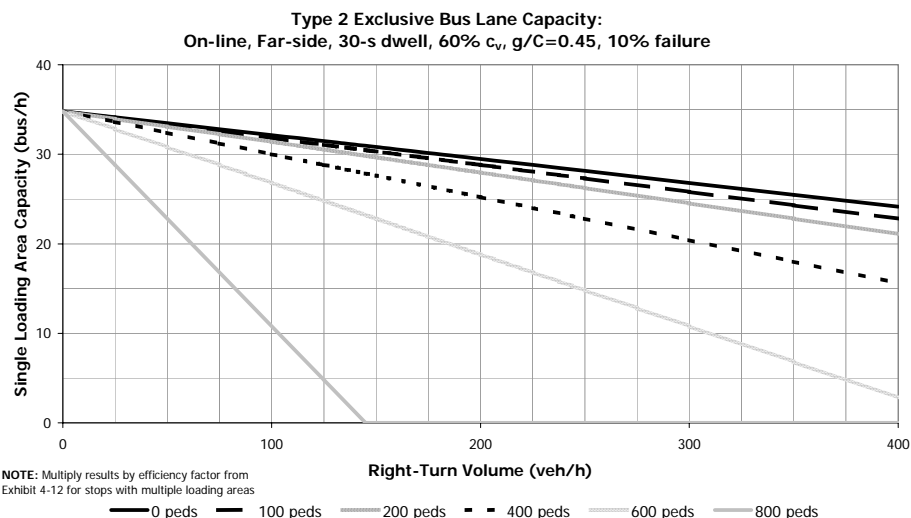


Exhibit 4-70
Exclusive Lane Bus Capacity:
Far-side Stops, Type 1 Lane

Exhibit 4-71

Exclusive Lane Bus Capacity:
Far-side Stops, Type 2 Lane



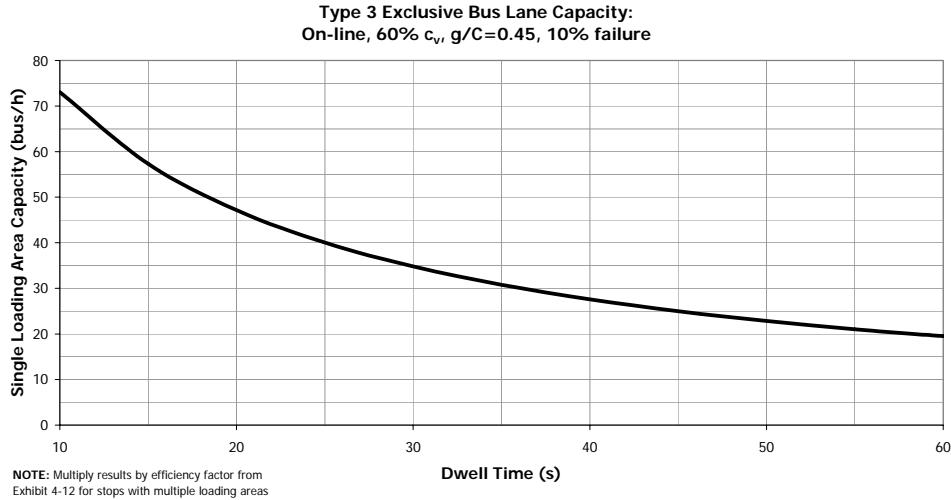


Exhibit 4-72
Exclusive Lane Bus Capacity:
Type 3 Lane

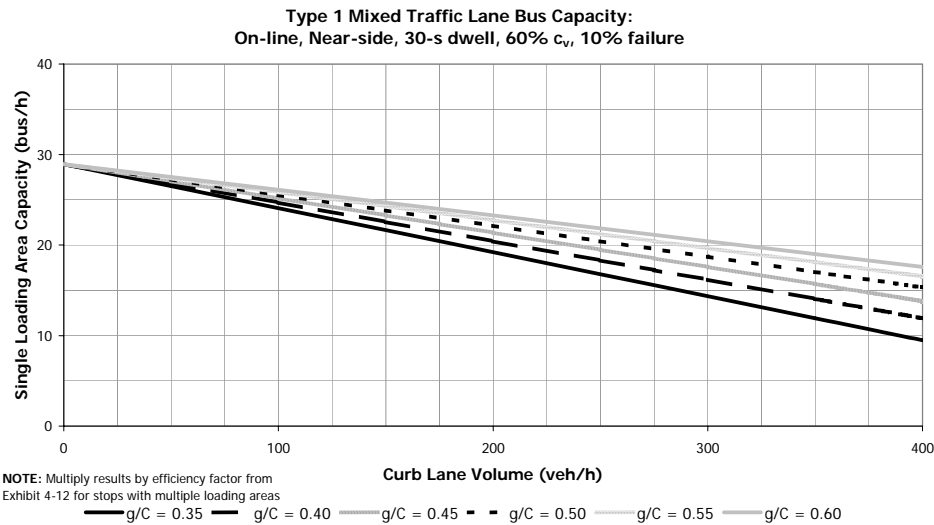


Exhibit 4-73
Mixed Traffic Bus Capacity:
Type 1 Lane

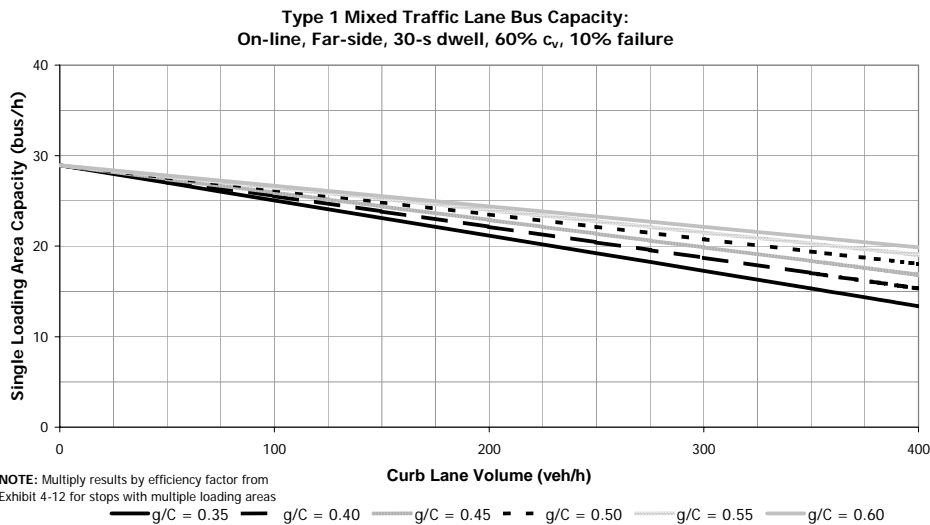


Exhibit 4-74

Mixed Traffic Bus Capacity:
Type 2 Lane

